





دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرجا

دانشکده صنایع چوب و کاغذ

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته خمیر و کاغذ

بررسی تاثیر استفاده از زئولیت‌های با دانسیته مختلف به عنوان پرکننده بر

ویژگی‌های کاغذ

پژوهش و نگارش:

مجید قاسمی

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا دهقانی فیروزآبادی

اساتید مشاور:

دکتر احمد رضا سرائیان

دکتر علی قاسمیان

دکتر مصطفی رقیمی

تابستان ۱۳۹۲

تقدیم به پدرم

کوہی استوار و حامی من در طول تمام زندگی

تقدیم به مادرم

سنگ صبوری کہ الفبای زندگی را بہ من آموخت

تقدیم بہ ہمسرم

کہ در سایہ ہمساری و ہمدلی او بہ این منظور نائل شدم.

شکر و قدردانی

پاس بی پایان پروردگاری بهتارا که فرصت علم و دانش را ارزانیم داشت و در تمام مراحل زندگی یاریم نمود.

برخود لازم می دانم از پدر، مادر و همسرم که سبب اینارو عطاوت بر ایمن بودند، شکر نمایم.

پاس از بزرگ عالیه در، اکوی علم و اخلاق، اساتذ فرزاد و نفیم دکتر محمد رضا جفایی فیروز آبادی، پاس سر مشق ما در نمونه های ارزنده و زحمت بسیار زیاد در تحقیق رسیدن این مشق که اگر حضور ایشان نبود راه بر جایی نمی بودم.

پاس از مشاوران محترم: دکتر مصطفی رفیعی، دکتر احمد رضا سرانین و دکتر علی قاسمیان به پاس نکرش عمیق در جهت کمال این تحقیق.

از داور کرامت در جناب آقای، دکتر انبیا اسرافرا که با تمام مشق های کاری زحمت باز خوانی این رساله را متقبل شدند کمال شکر دارم.

دیپلم از مسئول محترم آزمایشگاه سرکار خانم مهندس حسین غانی و دوستان عزیزم آقایان قاسمی، خناری، یونسبی، عباسی، فلاح، خانم نوابه و کلیه عزیزانی که در طول انجام این تحقیق و در مراحل درسی حامی من بودند، نیات شکر را دارم، امید دارم که همیشه سر بلند و شاد کام باشند.

چکیده

گسترش روز افزون مطالعات انجام شده بر روی زئولیت‌ها، استفاده آن‌ها را در بسیاری از کشورها مشخص ساخته است. در ایران نیز از نظر قیمت و دسترسی، تهیه این کانی‌ها بسیار آسان است. به همین دلیل استفاده از زئولیت‌ها در سال‌های اخیر رو به افزایش بوده است. در این مطالعه تاثیر استفاده از سه نوع زئولیت (کیلینوپتیلولیت، آنالسیم و هولاندایت) به عنوان پرکننده در دو سطح ۱۵ و ۳۰ درصد بر ویژگی‌های کاغذ حاصل از خمیر CMP رنگ‌بری شده مورد بررسی قرار گرفته است. براساس نتایج، ضخامت کاغذهای پر شده با کیلینوپتیلولیت در سطح ۳۰٪ به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بیش‌تر بود که به‌نظر می‌رسد دلیل آن تخلخل بیش‌تر و دانسیته کم‌تر این زئولیت در مقایسه با دیگر زئولیت‌های مورد استفاده باشد. همین امر باعث شد که کم‌ترین مقاومت به عبور هوا و شاخص مقاومت به ترکیدن در همین تیمار مشاهده شود. بیش‌ترین درجه روشنایی در کاغذهای پر شده با ۱۵٪ کیلینوپتیلولیت حاصل شد. در کاغذهای پر شده با ۳۰٪ هولاندایت و کاغذهای پر شده با ۱۵٪ آنالسیم به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین ماتی مشاهده شد. نتایج نشان داد با افزایش درصد زئولیت، ضخامت و ماتی کاغذ افزایش قابل توجهی دارد ولی سایر خصوصیت‌های فیزیکی و مکانیکی افت پیدا می‌کنند.

کلمات کلیدی: زئولیت، پرکننده، کیلینوپتیلولیت، آنالسیم، هولاندایت

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه

- ۱- کلیات ۲
- ۱-۱- تاریخچه صنعت کاغذسازی در جهان ۲
- ۲-۱- تعریف کاغذ ۳
- ۱-۲-۱- مهم‌ترین خواص مکانیکی (مقاومتی) کاغذ شامل ۴
- ۱-۲-۲- دلایل اهمیت مقاومت کاغذ ۵
- ۱-۲-۳- ماندگاری و شکل‌گیری کاغذ ۵
- ۱-۲-۴- روابط بین ماندگاری و شکل‌گیری کاغذ ۶
- ۱-۲-۵- آشنایی با شیمی پایانه‌تر کاغذ ۷
- ۱-۲-۷- خواص کاغذ متأثر از شیمی پایانه‌تر ۸
- ۱-۲-۶- شیمی پایانه‌ی تر و خواص کاغذ ۸
- ۱-۳- ویژگی‌های کاغذ چاپ و تحریر ۹
- ۱-۴- پرکننده‌ها ۱۰

- ۱-۴-۱ انواع پرکننده..... ۱۱
- ۱-۴-۱-۱ خاک رس..... ۱۱
- ۲-۴-۱-۱ کربنات کلسیم..... ۱۱
- ۳-۴-۱-۱ دی‌اکسید تیتانیوم..... ۱۲
- ۴-۴-۱-۱ تالک..... ۱۲
- ۵-۴-۱-۱ سیلیکات‌ها..... ۱۲
- ۲-۴-۱ خصوصیات پرکننده..... ۱۲
- ۱-۲-۴-۱ خواص بهبود یافته‌ی کاغذ متأثر از افزودن پرکننده‌ها..... ۱۳
- ۲-۲-۴-۱ معایب افزودن پرکننده به کاغذ..... ۱۳
- ۵-۱ پلی‌اکریل‌آمیدها (PAM)..... ۱۴
- ۶-۱ زئولیت..... ۱۵
- ۱-۶-۱ خواص زئولیت‌ها..... ۱۵
- ۲-۶-۱ کانی‌های زئولیت..... ۱۶
- ۱-۲-۶-۱ کلینوپتیلولیت (آنزیمیت)..... ۱۷
- ۱-۱-۲-۶-۱ خواص آنزیمیت..... ۱۷
- ۲-۲-۶-۱ آنالسیم..... ۱۸

۱۹	.....	۱-۲-۲-۶-۱	مشخصات ماکروسکوپی آنالسیم
۱۹	.....	۲-۲-۲-۶-۱	مشخصات میکروسکوپی آنالسیم
۱۹	.....	۳-۲-۶-۱	هولاندایت
۲۰	.....	۱-۳-۲-۶-۱	مشخصات ماکروسکوپی هولاندایت
۲۰	.....	۲-۳-۲-۶-۱	مشخصات میکروسکوپی
۲۰	.....	۱-۷-۱	لوماشل
۲۱	.....	۲-۷-۱	کلسیت
۲۱	.....	۱-۸-۱	اهداف
۲۱	.....	۸-۱	اهداف و فرضیات
۲۲	.....	۲-۸-۱	فرضیه‌ها
فصل دوم: مرور منابع			
۲۶	.....		مرور منابع

فصل سوم: مواد و روش‌ها

- ۳-۱-۲ تهیه ژئولیت..... ۳۴
- ۳-۱-۱ تهیه ماده اولیه..... ۳۴
- ۳-۱-۱ تهیه خمیر کاغذ..... ۳۴
- ۳-۲-۲ مش بندی مواد معدنی..... ۳۴
- ۳-۳ تعیین درصد رطوبت..... ۳۴
- ۳-۴ تعیین وزن مخصوص مواد معدنی..... ۳۵
- ۳-۵ پالایش خمیر..... ۳۵
- ۳-۶ آماده سازی سوسپانسیون خمیر..... ۳۶
- ۳-۷ تهیه کاغذ دست ساز..... ۳۶
- ۳-۸ پرس کردن..... ۳۶
- ۳-۹ اندازه گیری خواص مکانیکی کاغذ..... ۳۶
- ۳-۹-۱ وزن پایه کاغذ..... ۳۶
- ۳-۹-۲ دانسیته کاغذ..... ۳۷
- ۳-۹-۳ بررسی ویژگی مقاومت به عبور هوا..... ۳۷
- ۳-۹-۴ شاخص مقاومت در برابر ترکیدن..... ۳۷
- ۳-۹-۵ شاخص مقاومت در برابر پاره شدن..... ۳۷

۳-۱۰ اندازه‌گیری ویژگی‌های نوری..... ۳۸

۳-۱۰-۲ ماتی..... ۳۸

۳-۱۰-۱ درجه روشنی..... ۳۸

۳-۱۲ روش آماری..... ۳۹

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱ بررسی اثر زئولیت به‌عنوان پرکننده بر ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز..... ۴۳

۴-۱-۱ اندازه‌گیری دانسیته..... ۴۳

۴-۱-۲ تعیین میزان ماندگاری..... ۴۳

۴-۲ تاثیر نوع و دانسیته زئولیت بر ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای دست‌ساز..... ۴۵

۴-۲-۲ جرم‌ویژه کاغذ..... ۴۵

۴-۳-۱ مقاومت به عبور هوای کاغذ..... ۴۹

۴-۳ تاثیر نوع پرکننده بر ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای دست‌ساز..... ۴۹

۴-۳-۲ شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ..... ۵۱

۴-۳-۳ شاخص مقاومت به پارگی کاغذ..... ۵۴

۴-۴ مقایسه تأثیر استفاده از پرکننده بر خواص نوری کاغذ..... ۵۷

۴-۴-۱ درجه روشنی..... ۵۷

۴-۴-۲ ماتی کاغذ..... ۶۰

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۶۴.....	۱-۵ نتیجه گیری.....
۶۶.....	۲-۵ پیشنهادات.....
۶۸.....	پیوست ها.....
۷۲.....	فهرست منابع.....

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۷.....	جدول ۱-۱: انواع کانی های ژئولیت.....
۲۲.....	جدول ۲-۱: خصوصیات فیزیکی کلسیت.....
۳۵.....	جدول ۳-۱: وزن مخصوص آب در درجه حرارت های مختلف.....

- جدول ۴-۱: دانسیته انواع پرکننده..... ۴۲
- جدول ۴-۲: تجزیه واریانس جرم ویژه در کاغذهای ساخته شده با ۱۵٪ فیلر..... ۴۶
- جدول ۴-۳: تجزیه واریانس جرم ویژه در کاغذهای ساخته شده با ۳۰٪ فیلر..... ۴۷
- جدول ۴-۴: نتایج تجزیه واریانس مقاومت به عبور هوا در سطح ۱۵٪ فیلر..... ۴۹
- جدول ۴-۵: تجزیه واریانس مقاومت به عبور هوا در کاغذهای ساخته شده با ۳۰٪ فیلر..... ۵۰
- جدول ۴-۶: تجزیه واریانس شاخص مقاومت به ترکیدن در کاغذهای ساخته شده با ۱۵٪ فیلر..... ۵۲
- جدول ۴-۷: تجزیه واریانس شاخص مقاومت به ترکیدن در کاغذهای ساخته شده با ۳۰٪ فیلر..... ۵۳
- جدول ۴-۸: تجزیه واریانس شاخص مقاومت به پارگی در کاغذهای ساخته شده با ۱۵٪ فیلر..... ۵۴
- جدول ۴-۹: تجزیه واریانس شاخص مقاومت به پارگی در کاغذهای ساخته شده با ۳۰٪ فیلر..... ۵۵
- جدول ۴-۱۰: تجزیه واریانس درجه روشنی در کاغذهای ساخته شده با ۱۵٪ فیلر..... ۵۷
- جدول ۴-۱۱: تجزیه واریانس درجه روشنی در کاغذهای ساخته شده با ۳۰٪ فیلر..... ۵۸
- جدول ۴-۱۲: تجزیه واریانس ماتی در کاغذهای ساخته شده با ۱۵٪ فیلر..... ۶۰
- جدول ۴-۱۳: تجزیه واریانس ماتی در کاغذهای ساخته شده با ۳۰٪ فیلر..... ۶۱
- جدول ۶-۱: نتایج شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست‌ساز در سطح ۱۵٪..... ۶۸
- جدول ۶-۲: نتایج شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای دست‌ساز در سطح ۱۵٪..... ۶۸
- جدول ۶-۳: نتایج مقاومت به عبور هوا کاغذهای دست‌ساز پرشده در سطح ۱۵٪..... ۶۸
- جدول ۶-۴: نتایج درجه روشنایی کاغذهای دست‌ساز پرشده در سطح ۱۵٪..... ۶۸

- جدول ۵-۶: نتایج ماتی کاغذهای دست‌ساز پرشده در سطح ۱۵٪..... ۶۸
- جدول ۶-۶: نتایج جرم ویژه کاغذهای دست‌ساز پرشده در سطح ۱۵٪..... ۶۹
- جدول ۷-۶: نتایج شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست‌ساز در سطح ۳۰٪..... ۶۹
- جدول ۸-۶: نتایج شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای دست‌ساز در سطح ۳۰٪..... ۶۹
- جدول ۹-۶: نتایج مقاومت به عبور هوا کاغذهای دست‌ساز پرشده در سطح ۳۰٪..... ۶۹
- جدول ۱۰-۶: نتایج درجه روشنایی کاغذهای دست‌ساز پرشده در سطح ۳۰٪..... ۶۹
- جدول ۱۲-۶: نتایج جرم ویژه کاغذهای دست‌ساز پرشده در سطح ۳۰٪..... ۷۰
- جدول ۱۱-۶: نتایج ماتی کاغذهای دست‌ساز پرشده در سطح ۳۰٪..... ۷۰

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱- کلیات

۱-۱- تاریخچه صنعت کاغذسازی در جهان:

قبل از اختراع کاغذ، انسان از صفحات سنگ، ورقه‌های خاک رس و استخوان جهت نوشتن و انتقال افکار خویش استفاده می‌نموده است. حدود ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، مصریان با لایه‌لایه کردن گیاه پاپیروس و قرار دادن عمود بر هم آن‌ها کاغذ تهیه کرده‌اند. علاوه بر آن از پوست آهو، گوسفند، بز و گوساله برای نوشتن و ثبت وقایع استفاده می‌نموده‌اند.

اخبار و نشانه‌هایی از توسعه و تجارت پاپیروس توسط مصریان، دلالت بر این موضوع می‌کند که پاپیروس برای مدت ۵۰۰۰ سال یا بیش‌تر مورد استفاده بوده است. با این حال پاپیروس یک کالا و جنس گران قیمت بود. زیرا که مصریان تکنولوژی ساخت پاپیروس را به‌عنوان یک راز تجارتي در نزد خود نگاه داشتند و از اشاعه دانش مربوط به ساخت و تولید آن جلوگیری کردند. در نتیجه هنگامی که فرایند کاغذسازی ابداع گردید، با سرعت نسبتاً زیادی جایگزین پاپیروس گردید، چراکه ارزان‌تر و قابلیت دسترسی به آن راحت‌تر بود. سال ۱۰۵ بعد از میلاد را به‌عنوان تاریخ کاغذسازی ذکر کرده‌اند و اختراع آن را به تس‌آی‌لون^۱ یکی از اعضای گارد شاهنشاهی امپراتور چین نسبت داده‌اند. با این حال، چنین برآورد می‌گردد که چیزهایی مشابه کاغذ خیلی سال‌ها قبل از سال ۱۰۵ بعد از میلاد پدیدار گشته‌اند. در نتیجه اغلب گفته می‌شود تس‌آی‌لون اولین کسی بود که فرایند کاغذسازی را به نام خود ثبت نمود و این فرایندی است که کاغذسازی مدرن از آن برگرفته شده است. چینی‌ها اولین کارخانه کاغذسازی در خارج از چین را در حدود قرن ششم در سمرقند تاسیس نمودند. در سال ۷۵۱ میلادی اعراب با تسخیر سمرقند هنر کاغذسازی را از چینی‌ها آموختند و با توسعه آن سمرقند، برای سالیان متمادی مرکز ساخت کاغذ شد. در سال ۷۹۵ میلادی اعراب این صنعت را به کشور خود بردند و اولین کارخانه در بغداد تاسیس شد. هنر ساخت کاغذ احتمالاً در زمان جنگ‌های صلیبی در قرن دوازدهم به‌وسیله مورها از طریق فلسطین و سوریه به اروپا انتقال یافت. در حدود سال ۱۱۵۰ بعد از میلاد کاغذسازی در اسپانیا برای اولین بار تجربه گردید.

کمک موثری که اسپانیایی‌ها به صنعت کاغذ نموده‌اند، استفاده از آسیاب در تولید خمیر و کاغذ می‌باشد. در سال ۱۱۸۹ میلادی صنعت کاغذسازی از اسپانیا به فرانسه برده شد. هلندی‌ها با ارتباط با فرانسوی‌ها به این صنعت روی آوردند و اقدام به توسعه آن نمودند، در این دوران هلندی‌ها نیز موفق به اختراع ماشین کوبنده الیاف شدند که این

1- Ts ai Lun

وسيله هنوز هم در صنعت کاغذسازی مورد استفاده فرار می‌گیرد. در آلمان اولین کارخانه کاغذسازی در قرن چهاردهم میلادی شروع به کار کرد.

فن کاغذسازی سرانجام در سال ۱۴۹۵ به انگلستان رسید. تقریباً ۲۰۰ سال بعد در سال ۱۶۹۰، هنگامی که William Rittenhouse اولین کارخانه کاغذسازی را در نزدیکی پنسیلوانیای آمریکا تاسیس کرد. بنابراین به طور تقریبی ۱۶۰۰ سال بعد از آن که تس‌آی‌لون کاغذسازی را در چین اختراع کرد این فرایند در ایالات متحده تاسیس گردید.

۱-۲- تعریف کاغذ

کاغذ و محصولات کاغذی به‌عنوان یکی از کالاهای مصرفی جایگاه مهمی در زندگی انسان‌ها دارند. از زمانی که کاغذ برای ثبت اندیشه، گفتار، حوادث و دانش به‌کار رفته است هر روزه به میزان موارد مصرف آن به شکل‌های مختلف افزوده شده است. افزایش برق‌آسا و شگفت‌انگیز مصرف کاغذ را باید از ابتدای قرن نوزدهم که دانش و بینش بشری گسترش چشم‌گیر و صنعت چاپ تکامل گسترده‌ای یافته محسوب نمود. گرچه امروزه وسایل خبری نظیر تلفن، رادیو، اینترنت و ... به یاری انتقال کلمات و مفاهیم شتافته‌اند، اما کاغذ همواره ارزش و مقام یکتای خود را به‌عنوان بهترین، مطمئن‌ترین، ارزان‌ترین و ساده‌ترین وسیله انتقال افکار بشر داشته است. بی‌شک در غیاب کاغذ فرهنگ‌ها گسترش نمی‌یافت و بشر امروزی از تمدن پیشینیان بهره‌ای نمی‌جست.

کاغذ را می‌توان با تکیه بر روش تولید آن تعریف کرد. یعنی ماده ورقه‌ای ساخته شده از شبکه‌ای از الیاف سلولزی که با ته نشینی از یک تعلیق آبی تشکیل شده است. محصول، شبکه‌ای از الیاف درهم رفته با ساختاری تقریباً لایه‌ای و ضخامت حدود ۳۰-۳۰۰ میکرومتر است. چگونگی آب‌گیری پیوسته از الیاف در فرآیند کاغذسازی سبب ایجاد چنین ساختار لایه‌ای در کاغذ گردیده است. با آب‌گیری از خمیر کاغذ، پیوندهای بین لیفی که عموماً شامل پیوندهای هیدروژنی^۲ است، تشکیل می‌شوند. به طوری که با ادامه حذف آب از نمدهای کاغذ این اتصالات به اندازه کافی محکم می‌گردند. کاهش ضخامت آب منجر به اختلاف فشار زیادی می‌گردد که سطوح الیاف را به حد کافی به هم نزدیک و ایجاد پیوند هیدروژنی را تسهیل می‌کند. میزان پیوندیابی الیاف و قدرت این پیوندها با مقاومت کششی ورقه اندازه‌گیری می‌شود. کاغذ معمولاً به‌صورت ساختاری دو بعدی مطرح می‌گردد. زیرا ابعاد سطحی آن به‌میزان بسیار زیادی بزرگ‌تر از بعد سوم یعنی ضخامت می‌باشد. با این وجود، ضخامت دارای اهمیت زیادی می-

² . Hydrogen Bonding

باشد. زیرا ضخامت است که محدوده اصلی پیوندهای شکل گرفته بین الیاف را معین می‌سازد. در ساختار لایه‌ای کاغذ، الیاف در هر لایه به‌طور کم و بیش تصادفی جهت‌یابی می‌شوند. لیکن در هم رفتگی بسیار کمی بین دو لایه مجاور مشاهده می‌گردد.

۱-۲-۱- مهم‌ترین خواص مکانیکی کاغذ شامل

مهم‌ترین خواص مکانیکی (مقاومتی) کاغذ عبارتند از:

- خواص کششی^۳

- مقاومت به پارگی^۴

- مقاومت به تاخوردگی

- مقاومت به ترکیدن

- سفتی^۵

- مقاومت به لیف کنی^۶

- مقاومت به سایش سطحی^۷

خواص مقاومتی کاغذ، دوام^۸ و مقاومت کاغذ نسبت به نیروهای ایجاد شده در طول عملیات ساخت، فرآیندهای تبدیلی و در خیلی موارد مصرف نهایی را تعیین می‌کنند.

۱-۲-۲- دلایل اهمیت مقاومت کاغذ

- تامین نیاز مشتری: کاغذ باید با توجه به نیاز مشتری، مقاومت‌های لازم و کافی را دارا باشد و با توجه به نیاز مشتری مقاومت‌های کاغذ اولویت بندی شوند.

- روند کلی توسعه صنعت کاغذ به سمت کاهش وزن پایه است. که بین وزن پایه و مقاومت کاغذ رابطه مستقیم وجود دارد.

³ . Tensil Properties

⁴ . Tear Resistance

⁵ . Stiffness

⁶ . Surface Pick Resistance

⁷ . Surface Abrasion Resistance

⁸ . Durability

- هزینه مواد فیبری: مثلاً اگر از الیاف سوزنی‌برگان در کاغذسازی استفاده کنیم مقاومت بالایی در کاغذ ایجاد می‌شود اما هزینه‌ها افزایش می‌یابد و یا اگر از کاغذ باطله جهت ساخت کاغذ استفاده کنیم هم هزینه و هم مقاومت‌های کاغذ کاهش می‌یابد.

۱-۲-۳- ماندگاری و شکل‌گیری کاغذ^۹

دو عامل شکل‌گیری کاغذ و مقدار ماندگاری مواد پرکننده، عوامل مهم و تعیین‌کننده برخواص کاغذ می‌باشند. شکل‌گیری کاغذ یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های کیفی آن است، درحالی‌که مقدار ماندگاری مواد پرکننده در ارتباط با کمیت تولید می‌باشد و مشخص‌کننده وضعیت تولید، ثبات و پایداری بخش تر ماشین کاغذ است. کاغذ با شکل‌گیری مناسب تاثیر مثبت برخواص مقاومتی، چاپ‌پذیری و نوری (به‌ویژه مات) دارد. از طرف دیگر مزایای حاصل از افزایش ماندگاری مواد پرکننده و نرمه‌های الیاف در ماشین کاغذ عبارتند از: افزایش راندمان و کارایی تولید، کاهش حجم مواد در گردش، صرفه‌جویی اقتصادی و کاهش حجم آلودگی ارسال شده به سیستم تصفیه پساب.

صفحه کاغذی ایده‌آل به‌لحاظ شکل‌گیری دارای مشخصات زیر می‌باشد:

- توزیع و پخش مناسب و یکنواخت الیاف در راستای ماشین^{۱۰}، جهت عرضی^{۱۱} و ضخامت کاغذ (Z- direction)؛
 - جهت‌گیری یکنواخت و مطلوب الیاف در جهت‌های سه‌گانه کاغذ؛
 - توزیع و پراکنش مناسب مواد پرکننده و نرمه‌های الیاف در جهت‌های سه‌گانه کاغذ (به‌ویژه در ضخامت کاغذ)؛
 - یکنواخت و مطلوب بودن خواص مقاومتی، نوری و سطحی و در مجموع خواص ساختاری کاغذ در جهت‌های سه‌گانه کاغذ.
- ماندگاری کم و نامناسب مواد پرکننده در کاغذ باعث کاهش کیفیت آن می‌شود. توزیع و پخش نامناسب مواد پرکننده در کاغذ نیز خواص نوری آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد و سبب افزایش دو رویه‌گی^{۱۲} کاغذ می‌شود.

⁹. Retention and Formation

¹⁰. Machine direction

¹¹. Cross direction

¹². Two sidedness

۱-۲-۴- روابط بین ماندگاری و شکل‌گیری کاغذ

عموماً در کاغذسازی مقادیر ماندگاری پرکننده‌های معدنی با شکل‌گیری کاغذ رابطه متناقض و معکوس دارد. به- این مفهوم که در مقادیر ماندگاری زیاد، شکل‌گیری کاغذ نامناسب می‌شود. برای تولیدکنندگان کاغذ که مقادیر ماندگاری زیاد و هم‌چنین مناسب بودن شکل‌گیری کاغذ بسیار حائز اهمیت و مطلوب است، وجود این ارتباط متناقض، به‌عنوان یک مشکل اساسی تلقی می‌شود.

عوامل شیمیایی و مکانیکی متعددی بر روی ارتباط ماندگاری و شکل‌گیری تأثیرگذار است که بعضاً چگونگی و مکانیسم تأثیر این عوامل قابل فهم و توجیه نمی‌باشد. مواد کمک‌نگهدارنده^{۱۳}، طراحی ماشین کاغذ، متغیرهای تولید، ویژگی‌های خمیر مورد مصرف جهت تولید کاغذ و نیز چگونگی تزریق مواد کمک‌نگهدارنده، عوامل مؤثر بر ماندگاری و شکل‌گیری هستند. از جنبه شیمیایی، وضعیت شیمی پایانه‌ی تر و نیز استفاده از مواد کمک‌نگهدارنده مؤثر می‌باشند.

۱-۲-۵- آشنایی با شیمی پایانه‌تر کاغذ

به‌طور کلی خواص کاغذ و فراورده‌های آن تحت تأثیر سه عامل کلی خواص ماده‌ی خام لیگنوسلولزی مصرفی، فراوری مکانیکی مواد اولیه و کاربرد افزودنی‌های شیمیایی قرار می‌گیرد. در جریان ساخت کاغذ الیاف لیگنوسلولزی از منابع مختلف چوبی و غیر چوبی با فرایندهای مختلف خمیرسازی شیمیایی، مکانیکی یا ترکیبی از این دو به الیاف مجزا و منفرد و به اصطلاح به خمیر کاغذسازی تبدیل می‌شوند. در اولین مرحله‌ی ساخت کاغذ که مرحله آماده‌سازی نامیده می‌شود، الیاف موجود در خمیر کاغذسازی به صورت سوسپانسیون الیاف در آب درمی‌آیند و تحت تیمارهای مختلف مکانیکی قرار می‌گیرند و ناخالصی‌های موجود در خمیر از آن جدا می‌شوند. سپس خمیر کاغذسازی وارد بخش پایانه‌ی تر می‌شود. در این مرحله انواع مواد افزودنی بر حسب خواص مورد انتظار از فراورده‌ی کاغذی به سوسپانسیون خمیر اضافه می‌شود. خمیر با درصد خشکی کم ضمن عبور از آخرین مراحل تمیزسازی و غربال‌گری بر روی توری کاغذسازی ریخته می‌شود. ضمن آبیگری از خمیر، تشکی از الیاف روی توری تشکیل می‌شود که پس از مراحل مختلف آبیگری و پرس به ورق‌تر کاغذ تبدیل می‌شود. تا این مرحله از ساخت کاغذ با نام پایانه‌ی تر کاغذسازی مطرح می‌شود، سپس ورق وارد پایانه‌ی خشک می‌شود. در این مرحله

¹³ Retention aids

برای خشک شدن و ایجاد پیوندهای هیدروژنی بین الیاف و در نتیجه ایجاد خواص مقاومتی، ورق تر وارد خشک-کن ها می شود و در نهایت ورق خشک شده به صورت رول کاغذ پیچیده شده و برای مصرف یا دیگر تبدیلات به بخش های بعدی ارسال می شود.

بنابراین خط تولید کاغذ در یک کارخانه ی کاغذسازی شامل سه مرحله ی اصلی آماده سازی خمیر، پایانه تر و پایانه ی خشک است. به طور کلی مواد افزودنی در پایانه ی تر و عملیات شیمی پایانه ی تر برای دو هدف عمده به کار می روند:

- تولید کاغذ با خواص مناسب مورد نظر
- افزایش قابلیت گذر ورق از ماشین کاغذ

هدف اول برای رسیدن به خواص مورد نظر مشتری است. از این نظر، مهم ترین نکته کاربرد کارآمد افزودنی های عاملی است. هدف دوم از نظر افزایش تولید کاغذ در ماشین کاغذ بسیار مهم می باشد و کلیدی برای افزایش سود است. مواد کمک کننده به فرایند کاغذسازی برای رسیدن به این هدف به کار می روند.

۱-۲-۶- شیمی پایانه ی تر^{۱۴} و خواص کاغذ

هر کاغذی خواص ویژه ای دارد که مورد توافق مصرف کننده و تولیدکننده است. شیمی پایانه تر، کاغذسازان را قادر می سازد که بسیاری از مشکلات مربوط به خواص کاغذها را حل و کاغذی تولید کنند که انطباق بیشتری با استانداردها و در عین حال نیازهای مصرف کنندگان داشته باشد.

۱-۲-۷- خواص کاغذ متأثر از شیمی پایانه تر

بسیاری از خواص کاغذ که تحت تأثیر شیمی پایانه ی تر هستند، در یکی از گروه های زیر قرار می گیرند:

- خواص ساختاری (وزن پایه، ضخامت، شکل گیری، جهت یافتگی، دورویه بودن، تخلخل، زبری و پایداری ابعاد)؛

¹⁴Wet End Chemistry