جوهرزدایی کاغذهای چاپ باطله شیمیایی و تأثیر استفاده از آن در تولید کاغذ چاپ از خمیر CMP

محمد طلایی‌پور [۱]*، حسین رسالتی [۲] و سید احمد میرشکرایی [۳]

۱*) استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. نویسنده مسئول مکاتبات: m.talaeipoor@sriau.ac.ir

۲) دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۳) استاد دانشگاه پیام نور.

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۷/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۱/۱۵

چکیده

در این تحقیق بازیافت کاغذهای چاپ باطله شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت و تأثیر درجات مختلف اختلاط خمیرهای جوهرزدایی شده از کاغذهای باطلهٔ شیمیایی با خمیر CMP کارخانهٔ چوب و کاغذ مازندران جهت تولید کاغذ چاپ مطالعه گردید. نتایج آزمون‌های جوهرزدایی نشان داد که علاوه بر تأثیر مواد شیمیایی، درجه حرارت و زمان خمیرسازی اثر مستقیمی بر میزان روشنی خمیر جوهرزدایی شده داشته، به‌نحوی‌که با افزایش درجه حرارت یا زمان خمیرسازی و یا هر دو، میزان روشنی خمیر کاغذ جوهرزدایی شده افزایش می‌یابد. همچنین در صورت اختلاط خمیر کاغذ جوهرزدایی شده با خمیر CMP، روشنی و ماتی کاغذ افزایش می‌یابد. اختلاط خمیر کاغذ جوهرزدایی شده با خمیر CMP تغییرات کمی در خواص فیزیکی کاغذ ایجاد نمود، در حالی‌که مقاومت‌های مکانیکی کاغذ کاهش یافت. در صورت استفاده از ۱۰ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی به همراه خمیر جوهرزدایی شده و خمیر CMP مقاومت‌های مکانیکی کاغذ به کاغذ شاهد (۷۵ درصد خمیر CMP و ۲۵ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی) نزدیک شد. بهترین ترکیب خمیر کاغذ شامل ۶۰CMP درصد؛ ۳۰WFP درصد و L.F ۱۰ درصد به‌دست آمد. این به معنای کاهش مصرف خمیر CMP و خمیر الیاف بلند وارداتی به میزان ۱۵ درصد برای هر کدام از آنها خواهد بود. به عبارت دیگر ۳۰ درصد خمیر WFP می‌تواند جایگزین خمیرهای CMP و الیاف بلند وارداتی گردد. علاوه بر آن شرایط بهینه جوهرزدایی به این شرح تعیین گردید: هیدروکسید سدیم: ۲ درصد بر مبنای وزن خشک الیاف؛ زمان خمیرسازی: ۱۰دقیقه؛ درجه حرارت خمیرسازی: ۶۵ درجه سانتی‌گراد.

واژه‌های کلیدی: جوهرزدایی، شناورسازی، CMP، ماتی، روشنی، خمیر الیاف بلند، کاغذ چاپ.

مقدمه

در دو دههٔ گذشته تحقیقات وسیعی در مورد بازیافت انواع کاغذ، روش‌های مختلف جوهرزدایی کاغذهای باطله و پارامترهای اثرگذار بر فرآیندهای بازیافت کاغذ انجام گردیده است (Borchardt, 1993) و اثرمتغیرهای جوهرزدایی به روش شناورسازی در طی یک‌سری تجربیات آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیقات نشان داد که با کاهش درصد خشکی خمیرکاغذ حاصل از مجله/ روزنامه (۷۰/۳۰) در سلول شناورسازی، روشنی کاغذهای دست‌ساز افزایش می‌یابد. از طرف دیگر با کاهش درصد خشکی، خمیر کاغذ در سلول شناورسازی، افت الیاف افزایش می‌یابد. علاوه بر آن، مشخص گردید که در فرآیند جوهرزدایی شناورسازی- شستشو، با افزایش pH از ۹ تا ۱۲ در حضور پراکسیدهیدروژن، روشنی کاغذهای دست‌ساز به‌طور معنی‌داری تغییر نمی یابد(Borchard,

Archive of SID

www.SID.ir

1993). نتایج تحقیقات Ferguson (1993) در بررسی نقش مواد شیمیایی در جوهر زدایی نشان داد که افزایش pH (از طریق افزودن NaOH) تا ۱۰/۵ در مرحله خمیرسازی، باعث افزایش روشنی خمیر کاغذ حاصل از مخلوط ۷۰:۳۰ روزنامهٔ باطله[1] و مجلهٔ باطله[2] گردیده و سپس با افزایش بیشتر pH روشنی کاهش می‌یابد. همچنین اثر استفادهٔ همزمان از هیدروکسیدسدیم و پراکسیدهیدروژن مورد بررسی قرارگرفت و مشخص گردید که در صورت استفاده از پراکسید هیدروژن روشنی خمیر کاغذ حاصل افزایش می‌یابد Liphard *et al.* (1993) جنبه‌های شیمی سطح را در شناورسازی فیلرهای موجود در کاغذهای باطله مورد بررسی قرار دادند.

نتایج تحقیق نشان داد که سورفکتنت‌های آنیونی و پلیمرهای کاتیونی می‌توانند به عنوان جمع کنندهٔ ذرات پرکننده مورد استفاده قرار گیرند. سورفکتنت‌های آنیونی از طریق آبگریز کردن سطح ذرات پر کننده به عنوان جداکنندهٔ این ذرات مورد استفاده قرار می‌گیرند. Law (1994) & Valade موضوع اختلاط انواع کاغذهای باطله با خمیر شیمیایی- حرارتی- مکانیکی۳ را مورد تحقیق قرار دادند. در این تحقیق سه نوع کاغذ باطله شامل روزنامه باطله، کاغذ دفترچه تلفن۴ و کاغذ فتوکپی۵ به طور جداگانه با نسبت‌های ۱۵ ۳۰ و ۵۰ درصد به صورت مخلوط با خمیر CTMP مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج تحقیق نشان داد که در تمام موارد، افزودن کاغذهای باطله به خمیر CTMP باعث کاهش مصرف انرژی پالایش می‌گردد و میزان کاهش مصرف انرژی پالایش به نوع و درصد مصرف کاغذ باطله بستگی دارد. در مورد شاخص کشش کاغذ، افزودن ONP اثر کمی روی مقاومت کششی کاغذهای دست‌ساز دارد، اگرچه خمیر ONP به صورت خالص قوی‌تر از خمیر CTMP می‌باشد. این موضوع حاکی از بر هم کنش ضعیف بین این دو نوع الیاف است.

Zhao *et al.* (2004) نقش سورفکتنت‌ها را در جوهرزدایی کاغذهای باطله به روش شناورسازی مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که سورفکتنت‌ها باعث رها شدن ذرات جوهر از الیاف، پایدار شدن ذرات جدا شده، تجمع ذرات پخش شده و یا اصلاح خواص سطحی ذرات جوهر و بهبود حذف جوهر در فرآیند جوهرزدایی می‌گردند.

Kim *et al.* (2007) در بررسی اثرات سورفکتنت‌های غیر یونی بر هیدرولیز آنزیمی و پیش تیمار شده روزنامه باطله نتیجه گرفتند که اثر سورفکتنت روی هیدرولیز روزنامه تیمار نشده معنی‌دار است، ولی روی روزنامه تیمار شده با سورفکتنت تاثیر کمتری دارد. Spence *et al.* (2009) نیز تاثیر سورفکتنت‌های قندی را در بازیافت کاغذ مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیقات آنان نشان داد که سورفکتنت‌های قندی جایگزین قابل اعتماد سورفکتنت‌های بر پایه مشتقات نفتی در فرآیند شناورسازی جوهر می‌باشند.

Bajpai (2010) بهره‌گیری از آنزیم‌ها را در حل مشکلات مربوط به بازیافت کاغذهای باطله مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که آنزیم‌ها از پتانسیل زیادی در حل مشکلات بازیافت کاغذ به ویژه در روش جوهرزدایی برخوردار هستند.

[1] Old Newspaper (ONP)
[2] Old Magazine (OMG)
[3] CTMP Pulp
[4] Telephone Directory
[5] Photocopy Paper

Archive of SID
www.SID.ir

علاوه بر جوهرزدایی، آنزیم‌ها می‌توانند در کاهش مصرف انرژی و نیز بهبود فرآیندهای کاغذسازی و کنترل بهتر ذرات چسبنده نقش مثبتی ایفا کنند.

اگرچه مسایل مربوط به بازیافت کاغذ از جنبه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است، ولی به تاثیر اختلاط خمیر کاغذهای بازیافتی و خمیر کاغذهای بکر کمتر پرداخته شده است. این تحقیق سعی دارد که تاثیر اختلاط خمیر کاغذهای شیمیایی جوهرزدایی شده و خمیر CMP[1] را از نظر خواص مختلف کاغذ نهایی مورد بررسی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

در این تحقیق کاغذهای باطله مورد نظر از شرکت افست تهیه و به آزمایشگاه کارخانه کاغذسازی لطیف انتقال داده شد. کاغذهای باطله از نوع سفید و دارای چاپ دورو بوده که به دلایل مختلف، عموماً ویرایشی و یا مشکلات فنی مربوط به چاپ و پس از چاپ به صورت باطله در نظر گرفته شده‌اند.

خمیرسازی

مواد شیمیایی مورد استفاده در مرحله خمیرسازی کاغذهای باطله شیمیایی[2] به شرح زیر در نظر گرفته شد:

– هیدروکسید سدیم با نسبت‌های ۱، ۱/۵و۲ درصد بر مبنای وزن خشک کاغذ باطله (عامل متغیر)؛

– اسید چرب به نسبت ۱ درصد بر مبنای وزن خشک کاغذ باطله و به صورت ثابت.

شرایط فیزیکی مورد استفاده در مرحله خمیرسازی کاغذهای باطله شیمیایی به صورت زیر در نظر گرفته شد:

– درجه حرارت: ۵۰ و ۶۵ درجه سانتی‌گراد (عامل متغیر)؛

– زمان خمیر سازی: ۵ و ۱۰ دقیقه (عامل متغیر)؛

– درصد خشکی خمیر کاغذ: ۵ درصد (عامل ثابت).

برای تهیهٔ خمیر کاغذ باطله، ابتدا ۴۰ گرم کاغذ باطله شیمیایی بر مبنای وزن خشک توزین شده وسپس بسته به هر مرحله از آزمایش مواد شیمیایی به نسبت مورد نظر تهیه و به همراه ۸۰۰ میلی‌لیتر آب با درجه حرارت مورد نظر به کاغذ باطله اضافه گردید. مجموعهٔ کاغذهای باطله که قبلاً به تکه‌های کوچکی به صورت دستی تبدیل شده‌اند و مواد شیمیایی و آب با درجه حرارت مورد نظر به یک مخلوط‌کن آزمایشگاهی تخلیه شده و بسته به زمان مورد نظر عملیات خمیرسازی با دور بسیار آهسته مخلوط کن انجام گرفت. پس از پایان عملیات خمیرسازی، خمیر کاغذ حاصله به مدت نیم ساعت در شرایط آزمایشگاه نگهداشته شد وpH آن اندازه‌گیری گردید.

جوهرزدایی

در این تحقیق برای حذف جوهر از خمیر کاغذ باطله از سیستم جوهرزدایی به روش شناورسازی استفاده شده است.

در زیر شرایط فیزیکی و شیمیایی عملیات شناورسازی جوهر آورده شده است.

عوامل شیمیایی مرحله جوهرزدایی به صورت زیر در نظر گرفته شد:

[1] Chemi-Mechanical Pulp
[2] Woodfree Waste Paper (WFP)

Archive of SID

www.SID.ir

– هیدروکسیدکلسیم به نسبت ۱ درصد بر مبنای وزن خشک کاغذ باطله و به صورت ثابت؛

– سورفکتنت به نسبت ۰/۵ درصد بر مبنای وزن خشک کاغذ باطله و به صورت ثابت.

شرایط فیزیکی مرحله جوهرزدایی به صورت زیر در نظر گرفته شد:

– درصد خشکی خمیر کاغذ: ۱ درصد و به صورت ثابت؛

– درجه حرارت مرحله شناورسازی جوهر: ۴۰ درجه سانتیگراد و به صورت ثابت؛

– زمان شناورسازی جوهر: ۱۰دقیقه و به صورت ثابت.

پس از مرحله خمیرسازی، خمیر کاغذ حاصله با افزودن آب گرم (درجه حرارت آب به نحوی تنظیم گردید که دمای خمیر کاغذ در مرحله شناورسازی ۴۰ درجه سانتیگراد باشد) به حجم ۴ لیتر و با درصد خشکی ۱ درصد رسانده شده و pH مرحله شناورسازی اندازه‌گیری گردید. سپس خمیر کاغذ به یک سلول شناورسازی جوهر منتقل شده و هیدروکسیدکلسیم و سورفکتنت به مقدار مورد نظر به آن اضافه گردید.

پس از آن عملیات هوادهی به مدت ۱۰ دقیقه به منظور شناورسازی ذرات جوهر انجام گردید و کف حاصل از عملیات جوهرزدایی که در واقع مجموعه‌ای از الیاف و ذرات جوهر می‌باشد به صورت سر ریز از مخزن شناورسازی جدا گردید.

پس از پایان عملیات شناورسازی جوهر، عمل هوادهی متوقف شده و خمیر جوهرزدایی شده جمع آوری گردید. پس از جوهرزدایی، خمیر کاغذ حاصله تحت یک مرحله شستشو بر روی الک با مش ۲۰۰ قرار گرفت. این خمیرجوهرزدایی شده در مراحل بعدی جهت تعیین روشنی مورد استفاده قرار گرفت.

دسته‌بندی الیاف

به منظور تعیین ویژگی‌های ابعادی الیاف، آزمون دسته‌بندی الیاف بر اساس دستورالعمل شماره T233 cm-95 آیین‌نامه TAPPI با استفاده از دستگاه دسته‌بندی الیاف[1] مستقر در مرکز تحقیقات کارخانه چوب و کاغذ مازندران انجام گردید.

ساخت کاغذ دست‌ساز

در این تحقیق، درجات مختلف اختلاط ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد خمیر کاغذ شیمیایی جوهرزدایی شده با خمیر CMP کارخانه چوب و کاغذ مازندران مورد بررسی قرار گرفت. کاغذ حاصل از ترکیب ۷۵ درصد خمیر CMP و ۲۵ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی به عنوان شاهد در نظر گرفته شده و سایر کاغذهای حاصل از درصدهای مختلف اختلاط با آن مقایسه گردید. همچنین در ترکیب ۳۰ درصد خمیر شیمیایی جوهرزدایی شده با خمیر CMP کارخانه، تأثیر به‌کارگیری ۱۰ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی نیز مورد بررسی قرار گرفت.

نسبت اختلاط مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. کاغذهای حاصل از مقادیر مختلف اختلاط مورد ارزیابی قرار گرفت و خصوصیات نوری، فیزیکی و مقاومتی آنها تعیین گردید.

بر اساس هر یک از نسبت‌های اختلاط، تعداد ۱۲ کاغذ دست ساز و مجموعاً ۷۲ کاغذ بر طبق استاندارد TAPPI به شمارهٔ T205 om-88 در آزمایشگاه مرکز تحقیقات شرکت چوب و کاغذ مازندران ساخته شد و خواص نوری، فیزیکی و مقاومت‌های مکانیکی کاغذهای دست‌ساز اندازه‌گیری شد. سپس نتایج هر آزمون به طور

[1] Bauer-McNett Classifier

Archive of SID

www.SID.ir

جداگانه از طریق تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگین‌ها به روش دانکن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و ترکیب‌های مختلف خمیر کاغذ از نظر ویژگی‌های مذکور با یکدیگر مقایسه گردید. دستورالعمل های مورد استفاده از آیین‌نامه TAPPI به شرح زیر می‌باشد (TAPPI Standard Methods, 2000):

- روشنی: T571 om-03؛
- ماتی: T519 om-02؛
- ناهمواری سطح: T479 cm-99؛
- مقاومت به عبور هوا: T460 om-02؛
- مقاومت به پاره شدن: T414 om-98؛
- مقاومت به ترکیدن: T403 om-02؛
- مقاومت به کشش: T494 om-01؛
- دوام در برابر تا خوردن: T423 cm-98.

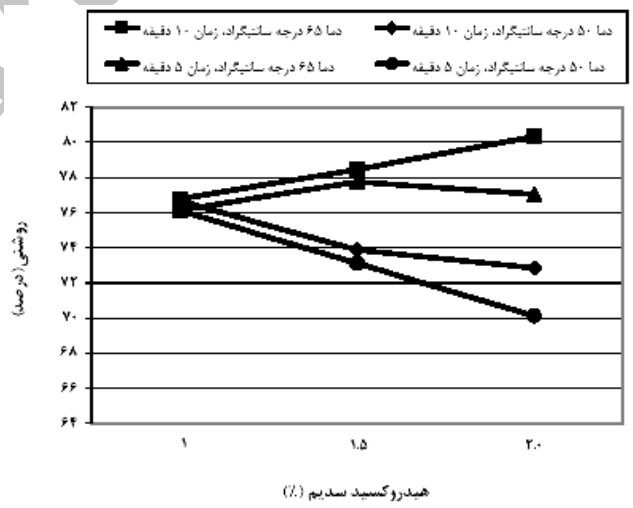
جدول ۱. نسبت اختلاط خمیر جوهرزدایی شده با خمیر CMP و خمیر الیاف بلند وارداتی

شمارهٔ اختلاط / نوع خمیر کاغذ	۱	۲ (شاهد)	۳	۴	۵	۶
خمیر CMP کارخانه (درصد)	۱۰۰	۷۵	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰
خمیر کاغذ جوهرزدایی شده (درصد)	–	–	۱۰	۲۰	۳۰	۳۰
خمیر الیاف بلند وارداتی (درصد)	–	۲۵	–	–	–	۱۰

نتایج

در نمودار ۱ تأثیر مقدار مصرف هیدروکسید سدیم، درجه حرارت و زمان خمیرسازی بر روشنی خمیرهای جوهرزدایی شده از کاغذهای باطله شیمیایی نشان داده شده است. همچنین در جدول ۲ نتایج آزمون‌های جوهرزدایی آورده شده است.

پس از انجام آزمون‌های جوهرزدایی بهترین خمیر جوهرزدایی شده جهت آزمایش‌های کاغذها تعیین گردید که مشخصات آن در جدول ۳ آورده شده است.



نمودار ۱. تاثیر متغیرهای خمیرسازی بر روشنی خمیر جوهرزدایی شده

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲. شرایط خمیرسازی و جوهرزدایی کاغذهای باطله شیمیایی و ویژگی‌های خمیرکاغذجوهرزدایی شده

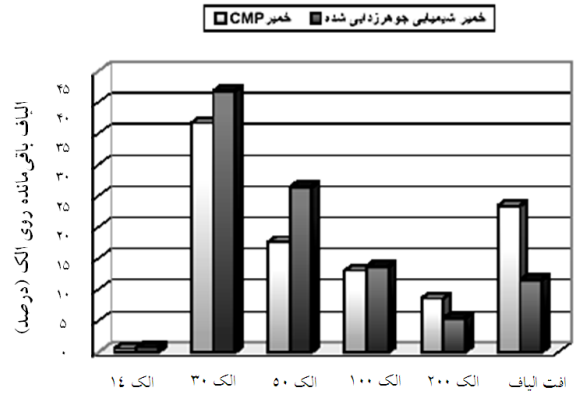
جوهرزدایی (۲)				خمیرسازی (۱)			
بازده خمیر جوهرزدایی شده (درصد)	افت الیاف (درصد)	روشنی (درصد)	pH شناورسازی	pH خمیرسازی	زمان (دقیقه)	درجه حرارت (°c)	هیدروکسیدسدیم (درصد)
۷۲/۸	۲۷/۲	۷۶/۸	۹/۹	۱۰/۶	۱۰	۶۵	۱
۷۱/۶	۲۸/۴	۷۶/۱	۹/۹	۱۰/۷	۵		
۶۵/۴	۳۴/۶	۷۶/۷	۱۰/۰	۱۰/۷	۱۰	۵۰	
۶۵/۶	۳۴/۴	۷۶/۱	۹/۹	۱۰/۷	۵		
۸۰/۸	۱۹/۲	۷۸/۴	۱۰/۳	۱۱/۰	۱۰	۶۵	۱/۵
۷۷/۷	۲۲/۴	۷۷/۸	۱۰/۳	۱۱/۱	۵		
۷۸/۴	۲۱/۶	۷۳/۹	۱۰/۳	۱۱/۱	۱۰	۵۰	
۷۶/۸	۲۳/۳	۷۳/۱	۱۰/۴	۱۱/۲	۵		
۷۵/۲	۲۴/۹	۸۰/۳	۱۰/۶	۱۱/۱	۱۰	۶۵	۲
۷۲/۰	۲۸/۰	۷۷/۱	۱۰/۶	۱۱/۲	۵		
۷۶/۴	۲۳/۶	۷۲/۸	۱۰/۶	۱۱/۳	۱۰	۵۰	
۷۶/۲	۲۳/۹	۷۰/۱	۱۱/۲	۱۱/۸	۵		

جدول ۳. مشخصات خمیرچوهرزدائی شدهٔ مطلوب برای آزمایش‌های کاغذسازی

نوع خمیر کاغذ	pH خمیرسازی	pH شناورسازی	روشنی (درصد)	افت الیاف (درصد)
خمیر کاغذ شیمیایی	۱۱/۱	۱۰/۶	۸۰/۳	۲۴/۹

دسته‌بندی الیاف خمیر جوهرزدایی شده و خمیر CMP

به منظور مقایسهٔ الیاف خمیر جوهرزدایی شده و خمیر CMP، آزمون دسته‌بندی الیاف برای خمیرهای مذکور انجام گرفت. قبل از انجام دسته‌بندی الیاف، درجهٔ روانی خمیر CMP به ۳۰۰csf و خمیر جوهرزدایی شده به ۴۰۰csf رسانده شد. در نمودار ۲ مقایسهٔ دسته‌بندی الیاف برای دو خمیر مذکور نشان داده شده است.



نمودار ۲. دسته‌بندی الیاف خمیر CMP و الیاف خمیر شیمیایی جوهرزدایی شده

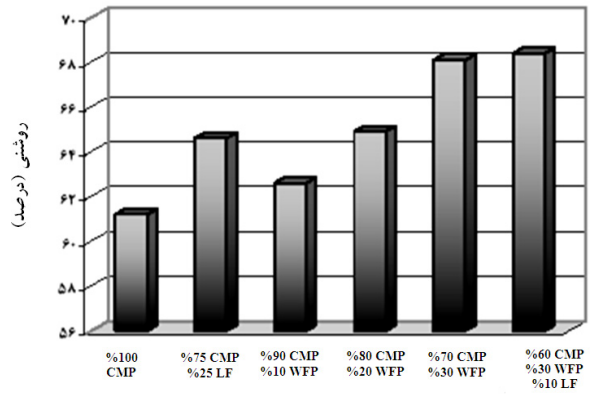
Archive of SID
www.SID.ir

خواص نوری

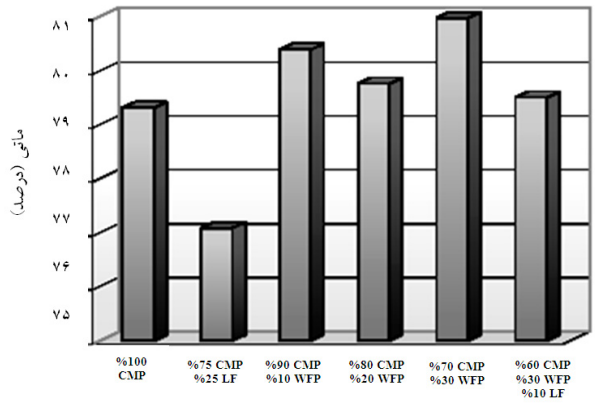
در نمودار ۳ روشنی و در نمودار ۴ ماتی کاغذهای حاصل از ترکیبات مختلف خمیر کاغذ نشان داده شده است. در جدول ۴ نتایج آزمون دانکن روشنی کاغذهای دست‌ساز آورده شده است.

خواص فیزیکی

در نمودار ۵ ناهمواری سطح و در نمودار ۶ مقاومت به عبور هوا در کاغذهای دست‌ساز حاصل از ترکیبات مختلف خمیر کاغذ نشان داده شده است.

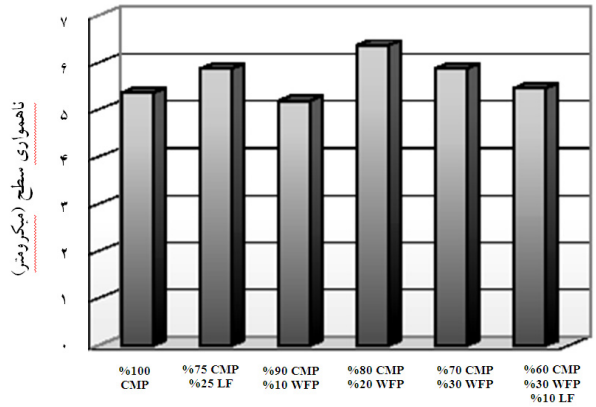


نمودار ۳. تاثیر درصدهای مختلف خمیر شیمیایی جوهرزدایی شده بر روی کاغذ

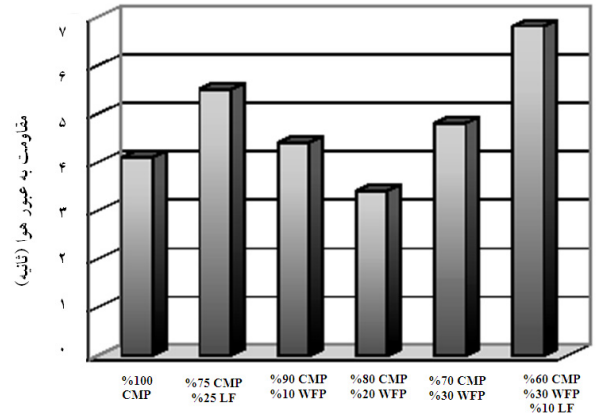


نمودار ۴. تاثیر درصدهای مختلف خمیر شیمیایی جوهرزدایی شده بر ماتی کاغذ

www.SID.ir



نمودار ۵. تاثیر درصدهای مختلف خمیر شیمیایی جوهرزدایی شده بر ناهمواری سطح کاغذ



نمودار ۶. تاثیر درصدهای مختلف خمیر شیمیایی جوهرزدایی شده بر مقاومت به عبور هوا در کاغذ

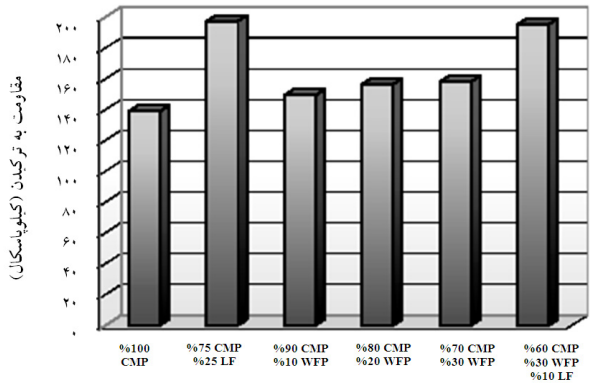
جدول ۴. آزمون دانکن میانگین روشنی کاغذهای دست‌ساز با درصدهای مختلف اختلاط

تیمار	تکرار	گروه بندی برای α= ۰/۰۱			
		۱	۲	۳	۴
٪۱۰۰ CMP	۶	۶۱/۲۴۶۷			
٪۹۰ CMP ٪۱۰ WFP	۶		۶۲/۵۷۵۰		
٪۷۵ CMP ٪۲۵ L.F	۶			۶۴/۵۶۳۳	
٪۸۰ CMP ٪۲۰ WFP	۶			۶۴/۹۱۵۰	
٪۷۰ CMP ٪۳۰ WFP	۶				۶۸/۰۸۸۳
٪۶۰CMP ٪۱۰L.F ٪۳۰WFP	۶				۶۸/۳۷۵۰

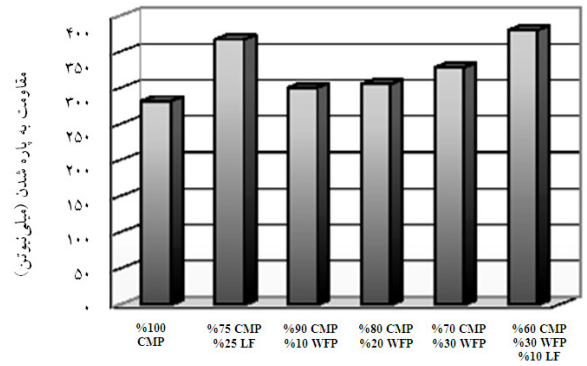
www.SID.ir

مقاومت‌های مکانیکی

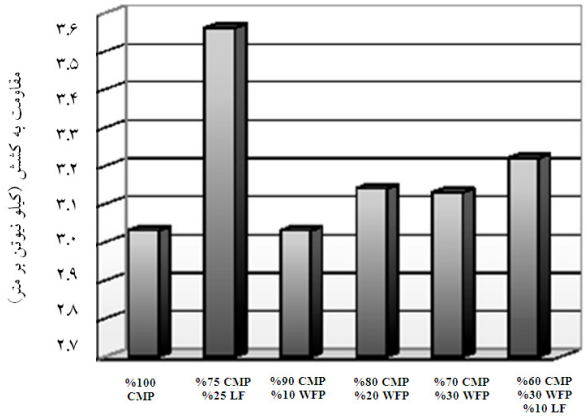
در نمودارهای ۷، ۸، ۹ و ۱۰ به ترتیب مقاومت به پاره شدن، مقاومت به ترکیدن، مقاومت به کشش و مقاومت به تا شدن کاغذهای دست‌ساز حاصل از ترکیبات مختلف خمیر کاغذ نشان داده شده است.



نمودار ۷. تاثیر درصدهای مختلف خمیر شیمیایی جوهرزدایی شده بر مقاومت به پاره شدن کاغذ

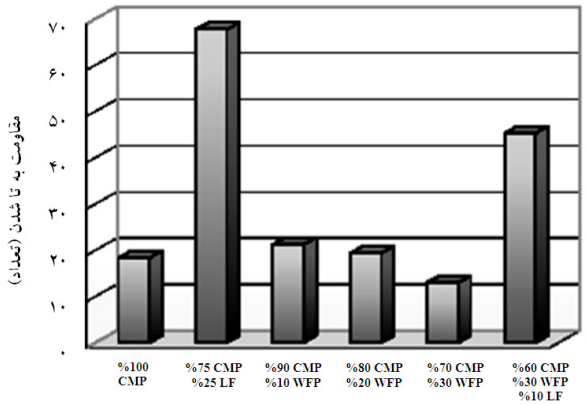


نمودار ۸. تاثیر درصدهای مختلف خمیر شیمیایی جوهرزدایی شده بر مقاومت به ترکیدن کاغذ



نمودار ۹. تاثیر درصدهای مختلف خمیر شیمیایی جوهرزدایی شده بر مقاومت به کشش کاغذ

www.SID.ir



نمودار ۱۰. تاثیر درصدهای مختلف خمیر شیمیایی جوهرزدایی شده بر مقاومت به تا شدن کاغذ

بحث و نتیجه‌گیری

جوهرزدایی: همان‌طوری که از نتایج مشخص گردید روند میزان روشنی[1] در مرحله خمیرسازی با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد نزولی است. به عبارت دیگر با افزایش مصرف هیدروکسیدسدیم در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد برای مرحله خمیرسازی میزان روشنی خمیر کاغذ جوهرزدایی شده کاهش می‌یابد. چنانچه در دمای خمیرسازی ۵۰ درجه سانتی‌گراد زمان‌های خمیرسازی ۵ و ۱۰ دقیقه مورد مقایسه قرار گیرند، مشخص می‌گردد که میزان روشنی خمیر کاغذ برای زمان خمیرسازی ۱۰ دقیقه بیشتر از زمان خمیرسازی ۵ دقیقه است، اگر چه روند کاهش روشنی برای هر دو زمان خمیرسازی تقریباً مشابه می‌باشد. از طرف دیگر روند تغییرات میزان روشنی خمیر جوهرزدایی شده برای خمیرسازی با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد کاملاً برعکس دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد است، به این معنی که در دمای خمیرسازی ۶۵ درجه سانتی‌گراد با افزایش مصرف هیدروکسیدسدیم میزان روشنی خمیر کاغذ افزایش می‌یابد و بیشترین میزان روشنی به دمای خمیرسازی ۶۵ درجه سانتی‌گراد و زمان خمیرسازی ۱۰ دقیقه مربوط است. در مقایسهٔ بین دو زمان خمیرسازی ۵ و ۱۰ دقیقه همان‌طوری که در شکل ۱ نشان داده شد، میزان روشنی خمیر کاغذ در زمان خمیرسازی ۱۰ دقیقه بیشتر از زمان خمیرسازی ۵ دقیقه می‌باشد.

نتایج آزمایش‌ها حاکی از آن است که دو عامل درجه حرارت و زمان خمیرسازی تأثیر مستقیمی بر میزان روشنی خمیر کاغذ جوهرزدایی شده از کاغذهای باطله شیمیایی دارد. به عبارت دیگر با افزایش درجه حرارت یا زمان خمیرسازی و یا هر دو میزان روشنی خمیر جوهرزدایی شده افزایش می‌یابد. در این میان تأثیر درجه حرارت خمیرسازی بیشتر از زمان خمیرسازی است و چنانچه درجه حرارت و زمان خمیرسازی هر دو افزایش یابند بیشترین افزایش در روشنی خمیر کاغذ جوهرزدایی شده حاصل می‌گردد.

دسته‌بندی الیاف: در بررسی نتایج دسته‌بندی الیاف، چنانچه مجموع الیاف باقی‌مانده روی الک‌های ۱۴ و ۳۰ به عنوان الیاف بلند، مجموع الیاف باقی‌مانده روی الک‌های ۵۰ و ۱۰۰ به عنوان الیاف متوسط و مجموع الیاف باقی‌مانده و عبور کرده (افت الیاف) از روی الک ۲۰۰ به عنوان الیاف ریز در نظر گرفته شوند، دو نوع خمیر مذکور به شرح زیر مقایسه می‌گردند:

[1] Brightness

Archive of SID
www.SID.ir

- مجموع الیاف بلند در خمیرCMP کارخانه و خمیر کاغذ شیمیایی جوهرزدایی شده به ترتیب ۳۷/۲۷ و ۴۲/۶۹ درصد است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از نظر مقدار الیاف بلند، خمیر کاغذ شیمیایی جوهرزدایی شده در رتبهٔ اول و پس از آن خمیر CMP کارخانه قرار می‌گیرد.

- مجموع الیاف متوسط در خمیر CMP کارخانه و خمیر کاغذ شیمیایی جوهرزدایی شده به ترتیب ۳۰/۷ و ۴۰/۲۵ درصد است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از نظر مقدار الیاف متوسط، خمیر کاغذ شیمیایی جوهرزدایی شده در رتبهٔ اول و پس از آن خمیر CMP کارخانه قرار می‌گیرد.

- مجموع الیاف ریز در خمیر CMP کارخانه و خمیر کاغذ شیمیایی جوهرزدایی شده به ترتیب ۳۲/۰۳ و ۱۷/۰۶ درصد است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از نظر مقدار الیاف کوتاه، خمیر CMP کارخانه در رتبهٔ اول و پس از آن خمیر کاغذ شیمیایی جوهرزدایی شده قرار می‌گیرد. نتایج دسته‌بندی الیاف نشان داد که خمیر کاغذ شیمیایی جوهرزدایی شده دارای الیاف بلندتر و نرمه کمتر نسبت به خمیرCMP می‌باشد.

خواص نوری کاغذ: همان‌طوری که در نمودار ۳ نشان داده شد، روشنی خمیرهای حاوی ۲۰ و ۳۰ درصد خمیرجوهرزدایی شده بیشتر از خمیر شاهد (CMP ۷۵ درصد و L.F[1] ۲۵ درصد) می‌باشد. نتایج آزمون‌های آماری بیانگر آن است که از نظر میزان روشنی، بین ترکیبات مختلف خمیر کاغذ اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به عبارت دیگر افزودن ۳۰ درصد خمیر کاغذ جوهرزدایی شده باعث افزایش معنی‌دار روشنی نسبت به نمونهٔ شاهد گردید.

دلیل افزایش معنی‌دار روشنی کاغذهای حاوی خمیر جوهرزدایی شده، بالا بودن میزان روشنی اولیهٔ این نوع خمیرها است. در مورد ماتی کاغذهای دست‌ساز، همان‌طوری که در نمودار ۴ نشان داده شد، افزودن خمیر جوهرزدایی شده باعث افزایش میزان ماتی کاغذ گردید. بیشترین مقدار ماتی مربوط به اختلاط ۳۰ درصد خمیر جوهرزدایی شده و ۷۰ درصد خمیر CMP است و کمترین مقدار ماتی مربوط به اختلاط ۲۵ درصد خمیر الیاف بلند و ۷۵ درصد خمیر CMP (خمیر شاهد) می‌باشد. افزایش میزان ماتی کاغذهای دست‌ساز حاوی خمیر جوهرزدایی شده مربوط به وجود انواع پرکننده‌ها در کاغذهای باطله شیمیایی است که گاهی تا ۴۰ درصد وزن کاغذ را تشکیل می‌دهند. این‌گونه مواد در کاغذ باعث افزایش ضریب پخش نور و در نتیجه افزایش ماتی کاغذ می‌گردند. علاوه بر آن وجود ذرات ریز فیبری (نرمه) در خمیر کاغذ به افزایش ماتی کمک می‌کند. در صنعت کاغذسازی افزودن پرکننده‌ها به خمیر کاغذ باعث بهبود خواص فیزیکی از جمله صافی سطح و مقاومت به عبور هوا و نیز خواص نوری کاغذ مانند ماتی شده و علاوه بر آن از نظر اقتصادی باعث کاهش هزینه‌های تمام شدهٔ تولید کاغذ می‌گردد.

در یک بررسی گزارش گردید که در تولید کاغذهای چاپ و تحریر، الیاف بازیافتی به بالک، ماتی و شکل‌گیری کاغذ کمک می‌کند (Mckinney, 1995). یکی از ویژگی‌های مهم کاغذ چاپ، میزان ماتی آن است، به این معنی که هر چقدر میزان ماتی کاغذ بیشتر باشد از نظر کیفیت چاپ مطلوب‌تر می‌باشد و نتایج

[1] Long Fiber Pulp

Archive of SID

www.SID.ir

آزمون‌های ماتی کاغذهای دست‌ساز در این تحقیق حاکی از افزایش میزان ماتی کاغذ به هنگام استفاده از خمیرجوهرزدایی شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزودن خمیر جوهرزدایی شده با هر نسبتی به مخلوط خمیر CMP و خمیر الیاف بلند وارداتی از طریق افزایش میزان ماتی باعث بهبود کیفیت کاغذ چاپ می‌گردد. همان‌طوری که قبلاً گفته شد خمیر جوهرزدایی شده از کاغذهای باطله شیمیایی حاوی ذرات پرکننده است. ضریب شکست نور برای این ذرات متفاوت از الیاف خمیر کاغذ است. در نتیجه نور در برخورد با سطح کاغذی که حاوی ذرات پرکننده است، پخش شده و اصطلاحاً ماتی کاغذ افزایش می‌یابد. این همان خاصیتی است که از رویت نوشته‌جات چاپ شده از پشت صفحه کاغذ جلوگیری نموده و باعث بهبود کیفیت چاپ می‌گردد.

خواص فیزیکی کاغذ: نتایج آزمون‌های آماری حاکی از آن است که افزایش خمیر کاغذ جوهرزدایی شده تا حدودی باعث افزایش ناهمواری سطح کاغذ نسبت به خمیر CMP خالص می‌گردد، ولی این افزایش در بسیاری از موارد معنی‌دار نیست. بنابراین خمیر کاغذ شیمیایی جوهرزدایی شده تا ۳۰ درصد می‌تواند به مخلوط خمیر کاغذ اضافه شود بدون اینکه افزایش معنی‌داری در ناهمواری سطح کاغذ به‌وجود آید. ناهمواری سطح یکی از ویژگی‌های مهم در چاپ‌پذیری کاغذ و کیفیت چاپ می‌باشد، به نحوی که هر چه میزان آن کمتر باشد چاپ‌پذیری و کیفیت چاپ کاغذ بهتر خواهد بود. نتایج آزمون‌های آماری نشان می‌دهد که با افزودن ۳۰ درصد خمیرجوهرزدایی شده به مخلوط خمیر CMP و خمیر الیاف بلند وارداتی، میزان ناهمواری سطح کاغذ حاصل کمتر از نمونهٔ شاهد یعنی CMP ۷۵ و L.F ۲۵ درصد است و حتی با خمیر CMP خالص در یک گروه آماری قرار می‌گیرد. ناهمواری سطح کاغذ تحت تاثیر طول الیاف قرار دارد، به این معنی که هر چه الیاف بلندتر باشند ناهمواری سطح کاغذ بیشتر خواهد بود. از آنجایی که طول الیاف خمیر جوهرزدایی شده بیشتر از خمیرCMP می‌باشد، در صورت مصرف بیش از ۱۰ درصد خمیر جوهرزدایی شده افزایش محدودی در ناهمواری سطح کاغذ مشاهده می‌گردد که البته معنی‌دار نیست.

در مورد مقاومت به عبور هوا در کاغذ، افزودن خمیرجوهرزدایی شده به خمیر CMP باعث تغییرات معنی‌دار این ویژگی کاغذ گردید. با استفاده از نتایج آزمون دانکن مشخص شد که کاغذهای مورد آزمون از نظر مقاومت به عبور هوا در چهار گروه جداگانه قرار می‌گیرند، به این ترتیب که افزودن ۱۰ و۲۰ درصد خمیر جوهرزدایی شده به طور جداگانه به خمیر CMP، مقاومت به عبور هوا در کاغذ را به طور معنی‌داری افزایش نمی‌دهد. در صورتی که مقدار خمیر جوهرزدایی شده به ۳۰ درصد افزایش یابد، این ویژگی کاغذ به طور معنی‌داری نسبت به کاغذ حاصل از صددرصد خمیرCMP افزایش می‌یابد و با خمیر کاغذ شاهد در یک گروه قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه مقاومت به عبور هوا در کاغذ شاهد نسبت به کاغذ CMP خالص بیشتر می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً وجود الیاف بلند بکر که انعطاف‌پذیری خوبی نیز دارند، باعث انسجام و حفظ بیشتر نرمه‌ها و ساختار متراکم‌تر کاغذ می‌گردند. همین پدیده نیز تا حدودی به هنگام استفاده از خمیر جوهرزدایی شده اتفاق می‌افتد و همان طوری که در نمودار ۶ مشاهده

Archive of SID

www.SID.ir

گردید در صورت استفاده از خمیر جوهرزدایی شده و خمیر الیاف بلند به صورت مخلوط با خمیر CMP بیشترین مقاومت به عبور هوا در کاغذ ایجاد می‌گردد.

مقاومت‌های مکانیکی کاغذ: نتایج آزمون‌های آماری مربوط به پاره شدن کاغذهای دست‌ساز حاصل از ترکیبات مختلف خمیر کاغذ، نشانگر آن است که بین کاغذهای ساخته شده با نسبت‌های مختلف خمیر CMP، خمیر جوهرزدایی شده و خمیر الیاف بلند از نظر مقاومت در برابر پاره شدن اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد و با انجام آزمون دانکن مشخص می‌گردد که کاغذهای ساخته شده از نظر مقاومت در برابر پاره شدن در چهار گروه قرار می‌گیرند. در گروه اول خمیر CMP خالص قرار دارد که کمترین مقاومت به پاره شدن را به خود اختصاص می‌دهد. در گروه دوم کاغذهای ساخته شده از مخلوط خمیرCMP و نسبت‌های ۱۰ و۲۰ درصد ازخمیر کاغذ جوهرزدایی شده قرار دارند که اگرچه مقاومت آنها به پاره شدن بیشتر از کاغذ ساخته شده از خمیر CMP خالص است، ولی اختلاف معنی‌داری از این نظر بین خود آنها وجود ندارد. در گروه سوم کاغذهای دارای ۳۰ درصد خمیر کاغذ جوهرزدایی شده قرار می‌گیرند که مقاومت آنها به پاره شدن به طور معنی‌داری بیشتر از کاغذهای دو گروه قبلی است و بالاخره در گروه چهارم کاغذ شاهد و کاغذ حاصل از مخلوط خمیر CMP، خمیر جوهرزدایی شده و الیاف بلند قرار می‌گیرد که مقاومت آنها در برابر پاره شدن بیشتر از سه گروه قبلی است. این درحالی است که اختلاف معنی‌داری از نظر مقاومت در برابر پاره شدن بین کاغذهای گروه چهارم وجود ندارد، اگر چه باید گفت که مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ حاصل از اختلاط ۶۰ درصد خمیر CMP، ۳۰ درصد خمیر کاغذ جوهرزدایی شده و ۱۰ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی بیشترین مقدار می‌باشد. از آنجایی که عامل اصلی در میزان مقاومت کاغذ به پاره شدن طول الیاف است، با توجه به نتایج دسته‌بندی الیاف می‌توان نتیجه گرفت که افزودن خمیر کاغذ جوهرزدایی شده با طول الیاف بلندتر نسبت به خمیر CMP باعث افزایش مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ گردیده است.

در نمودار ۸ مقاومت به ترکیدن کاغذهای حاصل از درصدهای مختلف اختلاط خمیر جوهرزدایی شده با خمیر CMP و نیز کاغذ شاهد نشان داده شد. نتایج آزمون‌های آماری بیانگر آن است که در اثر افزودن خمیر کاغذ جوهرزدایی شده با نسبت‌های ۱۰ ، ۲۰ و ۳۰ درصد به خمیر CMP اگرچه مقاومت به ترکیدن کاغذهای حاصل روند صعودی پیدا می‌کند، ولی این افزایش مقاومت معنی‌دار نیست و بنابراین خمیرهای مذکور در یک گروه قرار می‌گیرند. چنانچه خمیرهای شاهد (CMP ۷۵، L.F ۲۵ درصد) و خمیر حاوی CMP۶۰، WFP۳۰ و L.F ۱۰درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند، مشخص می‌گردد که کاغذهای حاصل از این دو خمیر از نظر مقاومت به ترکیدن دارای اختلاف معنی‌داری نیستند و به عبارت دیگر در صورت استفاده از ۱۰ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی می‌توان تا ۳۰ درصد خمیر کاغذ جوهرزدایی شده را به صورت مخلوط با CMP مورد استفاده قرار داد، بدون این‌که کاهش معنی‌داری در مقاومت به ترکیدن کاغذهای حاصل ایجاد گردد. بنابراین از نظر مقاومت کاغذ به ترکیدن، استفاده از ۳۰ درصد خمیر کاغذ شیمیایی جوهرزدایی شده به صورت

Archive of SID

www.SID.ir

مخلوط با ۶۰ درصد خمیر CMP و ۱۰ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی مطلوب می‌باشد.

با توجه به نتایج مربوط به مقاومت به کشش کاغذهای مختلف، مشخص گردید که افزودن خمیر جوهرزدایی شده باعث افزایش مقاومت به کشش کاغذ نسبت به کاغذ حاصل از خمیر CMP خالص می‌گردد که این افزایش مقاومت از نظر آماری معنی‌دار نیست. نتایج نشان می‌دهد که در صورت استفاده از ۳۰ درصد خمیر کاغذ جوهرزدایی شده به صورت مخلوط با ۶۰ درصد خمیر CMP و ۱۰ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی مقاومت به کشش کاغذ حاصل نسبت به نمونهٔ شاهد کمتر می‌شود.

نتایج مشخص نمود که با افزودن خمیر جوهرزدایی شده به خمیر CMP مقاومت به تا شدن کاغذ کاهش می‌یابد، به نحوی که هر چقدر میزان مصرف خمیر کاغذ جوهرزدایی شده در خمیر CMP بیشتر باشد، کاهش مقاومت در برابر تا شدن بیشتر می‌شود. از طرف دیگر استفاده از خمیر الیاف بلند وارداتی در خمیر CMP باعث افزایش مقاومت به تا شدن کاغذ حاصل می‌گردد. بیشترین مقدار مقاومت به تا شدن مربوط به خمیر CMP محتوی ۲۵ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی است (خمیر شاهد). علاوه بر آن در صورت اختلاط خمیر کاغذ جوهرزدایی شده با خمیر CMP، برای افزایش مقاومت به تا شدن کاغذ می‌توان درصدی خمیر الیاف بلند وارداتی را به ترکیب خمیر اضافه نمود. نتایج حاکی از آن است که افزودن ۱۰ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی به ترکیب ۶۰ درصد خمیر CMP و ۳۰ درصد خمیر کاغذ جوهرزدایی شده می‌تواند مقاومت به تا شدن کاغذ حاصل را نسبت به ترکیب ۷۰ درصد خمیر CMP و ۳۰ درصد خمیر کاغذ جوهرزدایی شده تا ۳/۵ برابر افزایش دهد.

در نهایت، نتایج آزمایش‌های جوهرزدایی نشان داد که بهترین شرایط برای جوهرزدایی کاغذهای باطله شیمیایی در مرحلهٔ خمیرسازی، مصرف ۲ درصد هیدروکسیدسدیم و زمان ۱۰ دقیقه در دمای ۶۵ درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد. در این شرایط، خمیر کاغذ جوهرزدایی شده با بیشترین روشنی حاصل می‌گردد. همچنین نتایج آزمون‌های نوری، فیزیکی و مکانیکی کاغذهای حاصل از نسبت درصدهای مختلف خمیر کاغذ جوهرزدایی شده نشان داد که تا ۳۰ درصد خمیر جوهرزدایی شده می‌تواند به صورت مخلوط با خمیر CMP جهت تولید کاغذ چاپ مورد استفاده قرار گیرد. بهترین ترکیب خمیر کاغذ در این تحقیق به شرح زیر تعیین گردید:

- خمیر CMP چاپ: ۶۰ درصد؛
- خمیر کاغذجوهرزدایی شده: ۳۰ درصد؛
- خمیر الیاف بلند وارداتی: ۱۰ درصد.

به طورکلی نتایج آزمون‌های کاغذ حاکی از آن است که در صورت استفاده از خمیر جوهرزدایی شده، خواص نوری و برخی از مقاومت‌های مکانیکی کاغذ (مقاومت به پارگی و ترکیدن) بهبود می‌یابد و در خواص فیزیکی کاغذ تغییرات معنی‌داری مشاهده نمی‌گردد. این در حالی است که مقاومت‌های کششی و تا خوردن کاغذ به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. از آنجایی‌که در کاغذ چاپ خواص نوری و سطحی مهم می‌باشند، استفاده از خمیر جوهرزدایی شده در تولید این نوع کاغذ توصیه می‌گردد.

منابع

1) Bajpai, P. K., 2010. Solving the problems of recycled fiber processing

Archive of SID
www.SID.ir

with enzyme. BioResources Journal, 5 (2): 1311-1325.
2) Borchardt, J. K., 1993. Effect of process variables in laboratory deinking experiments. *Tappi Journal*, 76 (11): 147-154.
3) Ferguson, L. D., 1992. Deinking chemistry: Part 1. Tappi Journal, 1992: 75-83.
4) Kim, H. J., Kim, S. B., Kim, C. J., 2007. The effects of nonionic surfactants on the pretreatment and enzymatic hydrolysis of recycled newspaper. Biotechnology and Bioprocess Engineering, 12: 147-151.
5) Law, K. N., and Valade, J. L., 1994. Production of new grades of mechanical pulp. Pulp and Paper Canada, 1994: 23-29.
6) Liphard, M., Schreck, B., Hornfeck, K., 1993. Surface-chemical aspects flotation in waste paper recycling. Pulp and Paper Canada, (1993): 27-31.
7) McKinney, R. W. J., 1995. Technology of paper recycling. Chapman & Hall, UK, 401 p.
8) Spence, K., Venditti, R., Rojas, O. J., 2009. Sugar surfactants in paper recycling. Nordic Pulp and Paper Research Journal, 24 (1): 107-111.
9) Zhao, Y., Deng, Y., Zhu, J. Y., 2004. Roles of surfactants in flotation deinking. Progress in Paper Recycling, 14 (1): 41-45.
10) TAPPI Standard Methods. 2000. Tappi press, USA.

Archive of SID

www.SID.ir

Deinking of Printed Chemical Waste Papers and its Effect on Printing Paper from CMP Pulp

M. Talaeipour[1]*, H. Resalati[2], and S. A. Mirshokraie[3]

1*) Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Corresponding Author: m.talaeipoor@srbiau.ac.ir
2) Associate Professor, Agriculture Science and Natural Resources, Gorgan University, Gorgan, Iran.
3) Associate Professor, Payam-e-Noor University, Iran.

Abstract

In this research, the recycling of chemical waste paper has been taken into consideretion.To produce printing paper, the effect of various combinations of deinked pulp with CMP pulp has studied. Deinking results showed that, besides of the chemicals effect, temperature and repulping time directly affect the brightness of deinked pulp so that when the temperature or repulping time or both go up, the brightness of deinking pulp goes up too. Test results of deinked pulps mixed with CMP pulp indicated that by adding deinked chemical pulp, with the percentage of 10, 20, and 30 to CMP pulp, optical and physical features and also mechanical strengths of paper improve. From optical and physical features and also mechanical strengths point of view, the best circumstances to combine deinked chemical pulp with CMP pulp and long-fiber pulp included 60% CMP Pulp, 30% Deinked Pulp, 10% Long-fiber Pulp. It can be suggested that %30 deinked pulp can be used to produce printing paper. Also, optimum Deinking variables were %2 NaOH (on the oven dry pulp), repulping time 10 minute and repulping temperature 65°c.

Keywords: Deinking, Flotation, CMP, Opacity, Brightness, Long Fiber Pulp, Printing Paper.

Archive of SID

www.SID.ir