بازیافت کاغذهای چاپگر باطله و بررسی میزان جوهرزدایی و خواص آنها

محمود قاسمی کوچمشگی*+، سید علی اکبر سالاری
شهرری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری، گروه شیمی، صندوق پستی ۱۴۴-۱۸۱۵۵

فریبا مهرخو
تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، صندوق پستی ۳۳۶- ۱۴۱۱۵

چکیده: صنعت بازیافت کاغذ به‌دلایل اقتصادی و زیست محیطی به عنوان یک ضرورت در جهان مطرح است. در این تحقیق، بازیافت کاغذهای پرینتر باطله چاپ لیزری، جهت تهیه کاغذ بازیافتی مورد بررسی واقع شده است. به منظور حذف جوهرکاغذهای باطله از جوهرزدایی به روش شناورسازی استفاده شد. ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای دست ساز حاصل مورد بررسی قرار گرفت که از این میان چند خاصیت فیزیکی مهم نظیر وزن پایه، ضخامت، دانسیته و در نهایت حجم ویژه اندازه‌گیری و محاسبه شد. نتیجه این که بیشترین دانسیته به نمونه A (با ۳ درصد هیدروژن پراکسید و ۲ درصد سدیم هیدراکسید)، و کمترین آن به نمونه C با ۱ درصد هیدروژن پراکسید و ۲ درصد سدیم هیدراکسید ارتباط دارد. با کاهش درجه روانی، شاخص مقاومت در برابر ترکیدگی و طول پاره شدن افزایش یافت و به این ترتیب شاخص مقاومت در برابر پارگی کاهش پیدا کرد، به‌طوری که بالاترین شاخص مقاومت در برابر ترکیدگی و کشش در درجه روانی ۳۸۴ میلی‌لیتر و بیشترین شاخص مقاومت در برابر پارگی در درجه روانی ۴۹۰ میلی لیتر دیده شد. در حضور ۳ درصد هیدروژن پراکسید و ۲ درصد سدیم هیدراکسید، بیشترین بازده جوهرزدایی و در نسبت ۱ درصد هیدروژن پراکسید و ۲ درصد سدیم هیدراکسید کمترین مقدار راندمان مشاهده شده است.

کلمات کلیدی: شناورسازی، بازیافت، وزن پایه، درجه روانی، ویژگی‌های نوری و مقاومتی

KEY WORDS: *Flotation, Recycling, Grammage, Freeness, Optical and strength properties.*

مقدمه

تا سال ۱۳۸۲ در حدود ۲۳۰۰۰۰ ـ ۲۵۰۰۰۰ تن کاغذ باطله (۲۵ درصد کل کاغذ و مقوا مصرفی) در کشور جمع آوری و در شرکت‌های تولید کاغذ و مقوا به مصرف رسیده است. با بهره‌گیری از سامانه‌های نوین جمع آوری و تفکیک انواع کاغذ باطله این رقم را می توان به بیش از ۴۵۰۰۰۰ تن تا سال ۱۳۹۰ رساند. این مقدار کاغذ باطله و خمیر حاصل از آن به عنوان کمک به منابع اولیه سلولزی (بکر) برای تولید ۱/۵ میلیون تن کاغذ و مقوای کشور تلقی می‌شود [۶].

*عهده دار مکاتبات
+E-meil: mahmoud_g420@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

با استفاده از حدود ۳۰ درصد خمیر کاغذ باطله در فرآیند تولید انواع کاغذ چاپ و بسته‌بندی و در نظر گرفتن آن در چرخه دایم سیستم تولید و مصرف خمیر و کاغذ، ضمن صرفه جویی در مواد اولیه سلولزی بکر، محصولات تولید شده با این فرنیش نیز قابل ارایه در بازار بین المللی است [۶]. کاغذسازان به دلایل گوناگون، در مراحل شکل گیری کاغذ، از انواع افزودنی‌های شیمیایی مصنوعی و طبیعی استفاده می‌کنند. این مواد برای بهبود شکل‌گیری کاغذ و نیز ارتقاء خوویژگی‌هایاص کیفی آن، به‌کار می‌رود [۷]. مقدار آنها طبق آخرین آمارهای جهانی در حدود ۳ درصد وزنی اجزای خمیر بوده و به دلیل قیمت کل بالا، بخش قابل توجهی از قیمت مواد خام به آنها تعلق می‌گیرد [۳].

در تهیه انواع کاغذ و مقوا از فرایندهای گوناگون مکانیکی، نیمه شیمیایی و شیمیایی و از مواد خام لیگنو سلولزی متفاوتی استفاده می‌شود، از این رو هر یک از درجات کاغذ ویژگی‌های ویژه‌ای داشته که در فرآیند بازیافت کاغذ باطله عکس العمل‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. در فرایند بازیابی جهت تولید کاغذ با شفافیت بالا استفاده از کاغذهای شیمیایی سفید شده مناسب‌تر است، زیرا شفافیت در صورت جوهر زدایی کاغذهای شیمیایی بالا می‌رود، حال آنکه در کاغذهای مکانیکی علاوه بر جوهرزدایی، سفیدسازی نیز جهت تامین شفافیت بالا باید انجام گیرد. همچنین مقاومت کاغذهای بازیافتی حاصل از کاغذهای باطله شیمیایی نسبت به نوع باطله مکانیکی بیشتر است [۵].

جوهرهایی که برای نوشتن یا چاپ به کار می‌رود، مواد رنگین و به طور معمول مایع بوده و به عنوان وسیله‌ای برای انتقال پیام و منقوش کردن سطوح چاپی که اغلب از جنس کاغذ یا غیر آن (پلاستیک ، آلومینیوم ...) هستند به کار می‌روند [۱]. ساختار جوهرها به طور کلی از دو جزء اساسی ماده رنگی(پیگمنت) و دیگری ناقل (حامل) تشکیل شده است:

۱ـ ماده رنگی (پیگمنت) برای نمایان شدن جوهر بر روی کاغذ به کار می‌رود. پیگمنت علاوه بر ایجاد رنگ و ماتی برای جوهر، در آزاد شدن بدنه و میل به خصوصیت جاری شدن آن نیز اهمیت دارد.

۲- ناقل (حامل) پیگمنت را در خود حل و آن را حمل می‌کند. ناقل در انتقال پیگمنت یا رنگ بر روی کاغذ و همچنین چسبیدن و نفوذ آن به داخل کاغذ موثر است. ناقل‌ها به‌طور عموم از نوع روغن‌های گیاهی (روغن برزک)، مقطره‌های معدنی، رزین‌ها (طبیعی و مصنوعی)، پلاستیکها و محلول‌های فرّار می باشند [۷].

به‌طور کلی سامانه‌های چاپ به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند. دسته اول شامل چاپ‌های سنتی نظیر لترپرس، لیتوگرافی و ... بوده که به طور معمول برای چاپ روزنامه‌ها و مجلات به‌کار می‌روند. دسته دوم چاپ‌های جدید مانند زیراکس، لیزری .... است، که به‌طور عمده در ادارات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

این دو دسته چاپ نه تنها در روش بلکه در نوع جوهرهای مورد استفاده نیز با هم متفاوتند.

همانطور که از نام این روش پیداست شکل یک تصویر به وسیله پرتولیزر چاپ می‌شود.

در این روش پرتولیزر پس از برخورد با تصویر موجود بر روی یک استوانه واجد دستور، به سطح کاغذ منعکس شده و سپس ذرات جوهر(تونر) مطابق با دستور کار منعکس شده بر سطح کاغذ منتقل و موجب تشکیل تصویر می‌شود.

جوهر مورد استفاده در این فرآیند مشابه جوهر چاپ زیراکس است (تونرهای ترموپلاستیکی) [۷].

خاطر نشان می‌شود که روش به‌کار رفته در این پژوهش به‌منظور حذف جوهر چاپ‌های مختلف که از نظر کیفیت و اندازه ذرات تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند یک فرآیند تلفیقی جوهرزدایی است، که پس از غربال خمیر و گرفتن ناخالصی‌ها، ابتدا ذرهای درشت جوهر توسط روش شناورسازی حذف، پس از آن ذره‌های ریز جوهر با عملیات شستشو از خمیر کاغذ خارج و در نهایت رنگ خمیر کاغذ به کمک فرآیند رنگبری سفیدتر و شفاف‌تر می‌شود. فرایند تلفیقی، انتخابی و به منظور بهبود کیفیت فراورده کاربرد زیادی دارد [۱۳].

فرایند شناورسازی یکی از موثرترین روش‌ها جهت جداسازی ذره‌های جوهر در محدوده وسیعی از اندازه (۱۰ الی ۱۵ میکرون) است [۱۵].

در این عملیات معمولا از جریانی از هوا در سوسپانسیونی از خمیر کاغذ با درصد خشکی پائین استفاده می‌شود. با صعود حباب‌های هوا، ذره‌های آبگریز شده جوهر به آنها متصل و به فصل مشترک آب و هوا صعود و به همراه لایه کفی که در سطح ایجاد می‌شود از سیستم خارج می‌شود [۹].

انتخاب مناسب نوع و مقدار مواد شیمیایی، در ازدیاد راندمان دفع جوهر موثر است [۱۵].

از انواع مواد شیمیایی به‌کار رفته در جوهرزدایی می‌توان پراکنده‌سازها، کف‌سازها، جمع‌کننده‌ها و گزینش‌پذیرها را نام برد [۲].

Archive of SID
www.SID.ir

بخش تجربی

در این پژوهش، به‌منظور بازیافت کاغذ، از کاغذهای پرینتر باطله چاپ لیزری، استفاده شده است.

چاپ این کاغذها تک رویه بوده که به دلایل گوناگون، به‌طور عموم ویرایشی به‌صورت باطله درآمده بودند. آنها به قطعه‌های کوچک‌تر تبدیل شده و به مدت ۲۴ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار داده شدند [۴].

ساخت خمیر کاغذ

مرحله خمیرسازی(۱)

نخستین مرحله در کارخانه بازیافت، خمیرسازی است. در خمیرسازها، تیمار مواد به گونه ای انجام می‌شود که اختلاف خواص فیزیکی آلاینده ها و الیاف پراکنده در خمیرساز هر چه بیشتر باشد.

به این منظور نخست ۲۵ گرم کاغذ باطله بر مبنای وزن خشک توزین و سپس کاغذ با مقدارهای محاسبه شده آب (درصد خشکی خمیر کاغذ نوعی، غلظت وزنی کاغذ در سوسپانسیون خمیر بوده که با توجه به میزان رطوبت آن اندازه‌گیری می‌شود) در یک خمیرساز قرارداده شد.

خمیرساز، با دارا بودن پره‌هایی از جنس پلاستیک با انعطاف و زاویه مناسب،الیاف خیس را از یکدیگر جدا می‌کند. آزمایش در دمای ۶۰ الی ۷۰ درجه سانتی گراد و به‌مدت ۳۰ تا ۴۵ دقیقه انجام می‌شد. برای جداسازی کامل الیاف کاغذ، اختلاط به مدت نیم الی یک دقیقه ادامه می‌یافت.

در این مرحله تونرهای چاپی بر روی کاغذ به دانه‌های بسیار ریز خرد می‌شدند. به این ترتیب ذره‌های ریز تونر یا جوهر معلق در سوسپانسیون از یکدیگر جدا و یا چسبیده به الیاف، باقی می‌ماند [۱۴].

سپس مواد شیمیایی (سدیم هیدراکسید، سدیم سیلیکات، هیدروژن پراکسید، شوینده حاوی لیپاز و سلولاز) پس از توزین بر مبنای وزن خشک کاغذ به خمیر کاغذ اضافه و توسط همزن به مدت ۵ تا ۲۵ دقیقه با یکدیگر مخلوط می‌شدند، این عمل در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد تا مواد شیمیایی به‌صورت موثری بر پیوندهای بین جوهر و الیاف تاثیر بگذارد.

برای تثبیت و کنترل دمای سوسپانسیون خمیر کاغذ، حمام آب گرم به کار رفت [۱۰].

مواد شیمیایی مورد استفاده در مرحله خمیر سازی

ـ سدیم هیدراکسید (NaOH) از شرکت Merck با دانسیته $1/48\ gr/cm^3$ به مقدار ۲ درصد و ۳ درصد وزن خشک کاغذ باطله(عامل متغیر)

ـ هیدروژن پراکسید (H_2O_2) صنعتی بادانسیته $1/132\ g/cm^3$ به مقدار ۱ درصد، ۲ درصد و ۳ درصد وزن خشک کاغذ باطله (عامل متغیر)

ـ سدیم سیلیکات (Na_2SiO_3) صنعتی با دانسیته $1/34\ g/cm^3$ و ویسکوزیته ۷۰ MPa.s به مقدار ۳ درصد وزن خشک کاغذ باطله (عامل ثابت)

ـ اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA) از شرکت Merck با نسبت ۰/۵ درصد بر مبنای وزن خشک کاغذ باطله (عامل ثابت)

– شوینده حاوی لیپاز، سلولاز به مقدار ۲ درصد وزن خشک کاغذ باطله (عامل ثابت)

مرحله جوهرزدایی(۲)

به منظور حذف جوهر از خمیر کاغذ باطله، سیستم جوهرزدایی به روش شناورسازی به کار رفت. به این ترتیب پس از تهیه خمیر کاغذ، به آن آب اضافه شد تا درصد خشکی خمیر کاهش یابد و سپس آن را به داخل سلول شناورسازی منتقل و برای دمیدن هوا درون دوغاب خمیر از یک سلول شناورسازی از جنس PVC مجهز به منافذ ریز استفاده شد. این عمل بر اساس جذب و حمل ذره‌های آبگریز توسط حباب‌های هوا صورت گرفت زیرا حباب‌های هوا به طور معمول به ذره‌هایی می‌چسبند که بر اثر آب تر نشده و خاصیت آبگریزی دارند.

عوامل شیمیایی به کار رفته در مرحله جوهرزدایی

ـ اسیدهای چرب (صابون) ۰/۵ درصد تا ۱ درصد وزن خشک کاغذ باطله (عامل ثابت)

ـ کلسیم کلرید ($CaCl_2$) ۱ درصد وزن خشک کاغذ باطله.

عوامل فیزیکی ثابت در این مرحله عبارتند از درجه حرارت مرحله شناورسازی جوهر (۴۰ درجه سانتی گراد) و زمان شناورسازی (۲۰ دقیقه). کف حاصل درسطح سلول شناورساز که در واقع مجموعه‌ای از الیاف خیلی ریز، نرمه‌ها و ذرات جوهر بود به‌صورت پیوسته و دستی جمع آوری و از سیستم خارج می‌شد. پس از اتمام عمل هوادهی، خمیر جوهرزدایی شده جمع آوری شد.

(۱) Pulping

(۲) Deinking

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱ ـ شرایط و ترکیب‌های به‌کار رفته در مرحله خمیرسازی و شناورسازی.

شناورسازی	خمیرسازی	مرحله
۱۵	۳۰ الی ۴۵	زمان (دقیقه)
۴۰	۶۰ الی ۷۰	دما (درجه سانتی گراد)
–	۲ درصد،۳ درصد	سدیم هیدراکسید (NaOH)
–	۱ درصد،۲ درصد،۳ درصد	هیدروژن پراکسید(H_2O_2)
–	۳ درصد	سدیم سیلیکات
	۰/۵ درصد	EDTA
۰/۵ تا ۱ درصد	–	سورفکتانت(صابون چرب)
۱ درصد	–	کلسیم کلرید ($CaCl_2$)
۲ درصد	–	شوینده (لیپاز و سلولاز)
۱۰–۱۱	۱۰ –۱۱	pH

جدول ۲ ـ نمونه‌هایی که با توجه به نسبت‌های مختلف هیدروژن پراکسید و سدیم هیدرکسید ساخته شده‌اند.

نمونه ها	A	B	C	D	E	F
H_2O_2	۱ درصد	۲ درصد	۳ درصد	۱ درصد	۲ درصد	۳ درصد
NaOH	۲ درصد	۲ درصد	۲ درصد	۳ درصد	۳ درصد	۳ درصد

عمل شستشو به منظور تمیزسازی خمیر جوهرزدایی شده و کاهش میزان تونرهای چاپی موجود در خمیر کاغذ که در فرایند شناورسازی جدا نشده‌اند، با استفاده از الک با مش ۲۰۰ انجام گرفت.

شرایط آزمایش و مقادیر مواد شیمیایی بکار رفته در مرحله خمیرسازی و شناورسازی در جدول ۱ آمده است.

ساخت کاغذ دست ساز

کاغذهای دست ساز بر طبق استاندارد TAPPI شماره T205m-88 ساخته می شود. نخست الیاف خمیر کاغذ حاصل از دستگاه پراکنده ساز در سرعت ۱۰۰۰ دور بر دقیقه الیاف به طور کامل از هم تفکیک شد و سپس محلول الیاف با درجه روانی مورد نظر و درصد خشکی ۰/۳ درصد تهیه شد.

با توجه به وزن پایه کاغذ (۶۰ گرم بر متر مربع) مقدار خمیر لازم (۴۰۰ میلی لیتر) برای ساخت کاغذ مورد نظر محاسبه شد.

روش تخمین لکه و جوهر بر روی کاغذهای دست ساز جوهرزدایی شده

در موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به منظور تخمین میزان لکه و جوهر باقیمانده، نمونه‌های آزمایشی در مقابل عبور نور مورد بررسی قرار گرفته و ذرات جوهر با ابعاد بزرگتر از ۰/۰۴ میلی‌متر مربع توسط شابلون‌های استاندارد (ISO 5350) شمارش می‌شدند (استاندارد ملی کاغذ شماره ۴۳۲۴).

تعیین غلظت سطحی جوهر بر روی کاغذ و بازده جوهرزدایی

بر اساس این روش و با توجه به استاندارد TAPPI شماره T437 می‌توان غلظت سطحی جوهر برحسب ppm و نیز بازده جوهرزدایی را مطابق فرمول زیر محاسبه کرد [۱۶، ۱۱].

$$S_{T,ink}=\sum(N_i * S_{ink}) \quad (۱)$$

N_i = تعداد ذره‌های جوهر با اندازه i

S_{ink} = مساحت ذرات جوهر با اندازه i

$S_{T,ink}$ = مجموع مساحت‌های ذرات جوهر بر روی سطح مشخصی از کاغذ

S_{paper} ، سطحی از مناطق انتخابی که جوهر ها در این محدوده شمرده می‌شوند.

اگر میانگین غلظت سطحی جوهر قبل از جوهر زدایی برحسب ppm را با Y، میانگین غلظت سطحی جوهر بعد از جوهرزدایی بر حسب ppm را با $\bar{A}$ نشان داده شوند بازده جوهرزدایی و Y با معادله‌های زیر قابل محاسبه هستند.

$$Y=\left(S_{T,ink}/S_{paper}\right)\times 10^{6} \quad (۲)$$

$$R=\left(\left(Y-\bar{A}\right)/Y\right)\times 100 \quad (۳)$$

نتیجه‌ها و بحث

با توجه به جدول ۱ (خلاصه شرایط آزمایش)، نسبت‌های مختلف سدیم هیدراکسید و هیدروژن پراکسید مورد استفاده قرار گرفته است. برمبنای هر یک از این نسبتهای اختلاط، ۶ نمونه کاغذ دست ساز و مجموعا ۷۲ کاغذ ساخته شد و آزمون‌های استاندارد خواص نوری (شفافیت، ماتی و زردی) و مکانیکی (شاخص مقاومت در برابر ترکیدگی، پارگی و مقاومت در برابر کشش) روی هر کدام انجام شد. سپس نتایج هر آزمون به‌طور جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت.

بررسی تأثیر تیمارهای مختلف بر خواص نوری کاغذهای دست‌ساز

نتیجه‌های آزمون‌های آماری و تشکیل جدول تحلیل واریانس داده‌ها به کمک نرم افزار spss بیانگر آن است که از نظر میزان شفافیت، بین ترکیب‌های مختلف شیمیایی اختلافی معنی‌دار وجود دارد.

Archive of SID
www.SID.ir

نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که بیشترین میزان شفافیت در نسبت ۳ درصد هیدروژن پراکسید و ۲ درصد سدیم هیدراکسید، مربوط به ترکیب شماره C و کمترین آن در نسبت ۱ درصد هیدروژن پراکسید و ۲ درصد سدیم هیدراکسید، به ترکیب A ارتباط دارد. این میانگین‌ها در چهار گروه مختلف قرار می‌گیرند. از هیدروژن پراکسید به منظور رنگبری پر راندمان برای دست‌یابی به شفافیت بالا استفاده می‌شد. واکنش رنگبری هیدروژن پراکسید را می‌توان به آنیون پرهیدراکسید (OOH^-) که در شرایط قلیائی تشکیل می‌گردد نسبت داد [۸].

در جدول شماره ۳ ، ماتی کاغذهای دست‌ساز در تیمارهای شیمیایی مختلف نشان داده شده است و مطابق با آن اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها وجود دارد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن به کمک تحلیل آماری نشان می‌دهد که این میانگین‌ها در چهار گروه مختلف قرار گرفته‌اند که بیشترین درصد ماتی مربوط به ترکیب F واقع در گروه چهارم با نسبت ۳ درصد هیدروژن پراکسید و ۳ درصد سدیم هیدراکسید بر مبنای وزن خشک کاغذ است. کمترین مقدار مربوط به ترکیب A به نسبت ۱ درصد هیدروژن پراکسید و ۲ درصد سدیم هیدراکسید است.

از جمله خواص نوری کاغذ می‌توان به زردی[۱] اشاره کرد. زردی تفاوت بین مقادیر نور پراکنی و سفیدی (درصد بازتابش) معیاری از زردشدگی کاغذ (دور شدن از سفیدی) است [۱].

طبق جدول ۳ در ترکیب C (با ۳ درصد هیدروژن پراکسید و ۲ درصد سدیم هیدراکسید) کمترین مقدار زردی و در ترکیب‌های A و D (با نسبت‌های به ترتیب ۱ به ۲ و ۱ به ۳) بیشترین مقدار زردی حاصل می شود.

جدول ۳ ـ ویژگی‌های نوری کاغذهای دست‌ساز.

نمونه‌ها	روشنی (ISO درصد)	ماتی (درصد)	زردی (درصد)
A	۸۳٫۷	۷۹٫۹	۸٫۳۶
B	۸۵٫۵	۸۵٫۳	۶٫۳
C	۸۸٫۹	۸۵٫۹	۳٫۲
D	۸۷٫۵	۸۲٫۷	۷٫۸۱
E	۸۶٫۱	۸۶٫۹	۶٫۸
F	۸۷٫۹۷	۸۷٫۵	۴٫۶

جدول ۴ نشان می‌دهد که بیشترین مقدار دانسیته به نمونه A، و کمترین آن به نمونه C ارتباط دارد.

از جدول ۵ مشخص می‌شود که با کاهش درجه روانی، شاخص مقاومت در برابر ترکیدگی افزایش می‌یابد. انجام محاسبات آماری و تشکیل جدول تحلیل واریانس بین میانگین مقاومت در برابر ترکیدگی در درجه‌های روانی های گوناگون در سطح احتمال ۹۵ درصد نشان می دهد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود دارد. مقایسه میانگین‌ها بر طبق آزمون دانکن نیز مؤید این نکته است.

با توجه به جدول ۵ نتیجه می‌شود که با کاهش درجه روانی، میزان مقاومت در برابر ترکیدگی افزایش می‌یابد. همان‌طوری که از این جدول بر می‌آید بالاترین شاخص مقاومت در برابر ترکیدگی، ۲٫۵۵ $kPa.m^2/g$ مربوط به درجه روانی ۳۸۴ میلی‌لیتر است. افزایش مقاومت در برابر ترکیدگی با کاهش درجه روانی به دلیل پرزدارشدن الیاف طی مراحل مختلف خمیرسازی و عملیات مکانیکی بوده که با ادامه پرزدار شدن بیشتر الیاف، اثر آن بر مقاومت در برابر ترکیدگی بیشتر نمایان می شود.

مطابق جدول ۵ ، با کاهش درجه روانی، طول پارگی افزایش می‌یابد. با توجه به مقایسه میانگین‌ها بیشترین مقدار طول پارگی در نمونه با درجه روانی ۳۸۴ میلی‌لیتر و کمترین آن مربوط به درجه روانی ۴۷۲ میلی‌لیتر است.

میانگین شاخص مقاومت در برابر پارگی در درجه روانی‌های مختلف نشان می‌دهد که اختلاف معنی داری میان تیمارها موجود است. از مقایسه میانگین‌ها بر طبق آزمون دانکن نتیجه می‌شود که ضمن کاهش درجه روانی، مقاومت در برابر پارگی کاهش می‌یابد. طبق انتظار، بالاترین میزان شاخص مقاومت در برابر پارگی حدود

بررسی تأثیر تیمارهای مختلف بر ویژگی فیزیکی کاغذهای دست‌ساز

در جدول ۴ ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر کاغذهای گوناگون ارایه داده شده است. توضیح اینکه از بین ویژگی‌های فیزیکی گراماژ، ضخامت و دانسیته (از تقسیم وزن پایه به ضخامت بر حسب میکرومتر، دانسیته ظاهری کاغذ برحسب g/cm^3 به‌دست می‌آید) و در نهایت حجم محاسبه شده و با توجه به اینکه وزن پایه در کلیه نمونه‌ها تقریبا یکسان است، تغییرهای حجم به گونه‌ای وابسته به تغییرهای ضخامت و دانسیته است. بدین‌صورت که با افزایش حجم، دانسیته کاهش و ضخامت کاغذ افزایش نشان می دهد.

(۱) Yellownesss

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۴ ـ ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای دست ساز حاصل.

شماره نمونه ها	درجه روانی میلی لیتر استاندارد کانادایی	وزن پایه g/m^2	ضخامت µm	دانسیته gr/cm^3	حجمی cm^3/g
A	۴۹۰	۵۹	۹۸/۵	۰/۵۹۸	۱/۶۷۲
B	۴۷۲	۶۰	۹۹	۰/۶۰۶	۱/۶۵۰
C	۳۸۴	۶۲/۵	۱۰۰/۵	۰/۶۲۲	۱/۶۰۸
D	۴۳۶	۶۰/۸	۱۰۱	۰/۶۰۲	۱/۶۶۱
E	۴۱۳	۶۱/۴	۱۰۰/۵	۰/۶۱۰	۱/۶۳۹
F	۳۴۴	۶۱/۷	۱۰۰	۰/۶۱۷	۱/۶۲۱

جدول ۵ ـ ویژگی‌های مکانیکی کاغذهای دست‌ساز.

شماره نمونه ها	وزن پایه gr/m^2	درجه روانی	شاخص مقاومت در برابر ترکیدن $(kPa.m^2/g)$	طول پاره شدن (km)	شاخص مقاومت در برابر پاره شدن $(mN.m^2/g)$
A	۵۹	۴۹۰	۱/۴۹	۳/۰۳	۶/۵۳
B	۶۰	۴۷۲	۱/۵۸	۳/۲۴	۶/۸
C	۶۲/۵	۳۸۴	۲/۵۵	۴/۸۲	۶/۸۲
D	۶۰/۸	۴۳۶	۲/۰۱	۳/۶۵	۷/۱۵
E	۶۱/۴	۴۱۳	۲/۱۶	۴/۲۱	۷/۲۱
F	۶۱/۷	۳۴۴	۲/۵	۴/۳۴	۷/۸۵

جدول ۶ ـ تعیین میزان لکه و جوهر باقی مانده در کاغذهای دست‌ساز.

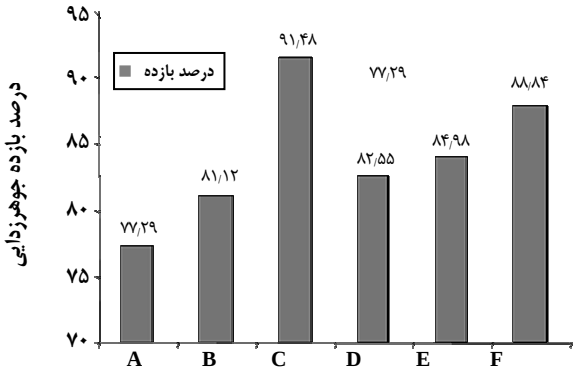
درصدهای مختلف از هیدروژن پراکسید و سود برمبنای وزن خشک خمیر کاغذ	میزان لکه و جوهر باقیمانده از مناطق انتخابی کاغذ دست ساز بر حسب ppm		میانگین میزان لکه و جوهر باقیمانده بعد از جوهرزدایی	میزان لکه و جوهر باقیمانده قبل از جوهرزدایی بر حسب ppm
	منطقه اول X_1	منطقه دوم X_2	$\bar{A}=(x_1+x_2)/2$	$Y=\Sigma(N_i*S_{ink})/S_{paper}*10^6$
۱ درصد،۲ درصد	۸۶۰	۹۲۰	۸۹۰	۳۹۲۰
۲ درصد،۲ درصد	۷۶۰	۷۲۰	۷۴۰	۳۹۲۰
۳ درصد،۲ درصد	۳۱۲	۳۳۱	۳۲۱/۵	۳۹۲۰
۱ درصد،۳ درصد	۶۵۶	۷۱۲	۶۸۴	۳۹۲۰
۲ درصد،۳ درصد	۶۱۶	۶۴۰	۶۲۸	۳۹۲۰
۳ درصد،۳ درصد	۴۶۰	۴۱۶	۴۳۸	۳۹۲۰

۷/۸۵ میلی نیوتن در متر مربع بر گرم در درجه روانی ۳۴۴ میلی‌لیتر و کمترین آن در درجه روانی ۴۹۰ میلی لیتر با شاخص مقاومت ۶/۵۳ میلی‌نیوتن در مترمربع برگرم می‌باشد.

تخمین لکه و جوهر بر روی کاغذهای دست‌ساز جوهرزدایی شده

آزمایش‌های مربوط به تأثیر درصد مواد شیمیایی بر میزان جوهر باقیمانده در کاغذهای دست ساز مورد بررسی قرار گرفته و نتیجه‌های حاصل از تاثیر تغییر نسبت غلظت‌های مواد شیمیایی در سوسپانسیون خمیر کاغذ بر بازده جوهرزدایی (نسبت غلظت‌ها مطابق جدول ۲) گردآوردی شد. همچنین با توجه به این نتیجه‌های، نمودار بازده جوهرزدایی به ازای غلظت‌های مختلف از مواد شیمیایی در شکل ۱ رسم شد. مطابق با جدول ۶ و شکل ۱ در نسبت ۳ درصد هیدروژن پراکسید و ۲ درصد سدیم هیدراکسید بیشترین میزان بازده جوهرزدایی، همچنین در نسبت ۳ درصد هیدروژن پراکسید و ۳ درصد سدیم هیدراکسید، راندمان نزدیک به مقدار قبلی بوده در حالی که در نسبت۱ درصد هیدروژن پراکسید و ۲ درصد سدیم هیدراکسید بیشترین میانگین میزان لکه و جوهر باقیمانده پس از جوهرزدایی و کمترین مقدار راندمان به چشم می خورد.

Archive of SID
www.SID.ir



درصدهای گوناگون هیدروژن پراکسید و سدیم پراکسید مطابق جدول شماره ۲.

شکل ۱ـ تأثیر درصدهای گوناگون هیدروژن پراکسید و سدیم هیدراکسید بر بازده جوهرزدایی.

نتیجه گیری

با وجود پیشرفت و گسترش صنعت بازیافت و جوهرزدایی از کاغذهای باطله چاپ شده در جهان، متاسفانه کشور ایران علی‌رغم واردات بالای انواع کاغذ و نیز مصرف روزافزون کاغذ، از این فناوری بی‌بهره مانده است. بر طبق آمار سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، روزانه در حدود ۶۵۰ تن انواع کاغذ فقط در شهر تهران دور ریخته می‌شود که حدود ۱۰ درصد حجم زباله‌های شهری را شامل می‌شود.

با توجه به مطالعه‌ها و آزمایش‌های انجام گرفته در این پژوهش، نتیجه‌های به دست آمده به شرح ذیل ارایه می‌شود:

۱ـ با کاهش درجه روانی، شاخص مقاومت در برابر ترکیدگی و کشش یا طول پارگی افزایش می‌یابد. این موارد به دلیل پرزدار شدن الیاف طی مراحل مختلف خمیرسازی و عملیات مکانیکی بوده که با ادامه پرزدار شدن الیاف، اثر آن بر مقاوت در برابر ترکیدگی بیشتر نمایان می‌شود.

۲ـ با کاهش درجه روانی، میزان شاخص مقاومت در برابر پارگی کاهش یافته، به‌طوری که بالاترین مقاومت در برابر پارگی در درجه روانی ۴۹۰ میلی‌لیتر است.

۳ـ نتیجه‌های به دست آمده از تأثیر تیمارهای مختلف بر شفافیت کاغذهای ساخته شده حاکی از آن است که از نظر میزان شفافیت بین تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌طوری که با افزایش هیدروژن پراکسید بر شفافیت کاغذ افزوده می‌شود.

۴ـ نتیجه‌های آزمایش‌های مربوط به تأثیر تیمارهای گوناگون بر روی ماتی کاغذهای ساخته شده نشان می دهد که بیشترین درصد ماتی به ترکیب F (با نسبت ۳ درصد هیدروژن پراکسید و ۳ درصد سدیم هیدراکسید بر مبنای وزن خشک کاغذ) ارتباط دارد.

۵ ـ در تعیین تأثیر تیمارهای شیمیایی بر خاصیت زردی، بیشترین مقدار ناشی از ترکیب‌های A و D است.

۶ ـ نتیجه‌های به دست آمده از تأثیر تیمارهای شیمیایی بر مقاومت در برابر ترکیدگی و کشش یا طول پارگی، نشان می‌دهد که بین نسبت‌های مختلف از عوامل شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به این صورت که مقاومت در برابر ترکیدگی و کشش یا طول پارگی، ناشی از ترکیب C است.

۷ـ در مقدار ۳ درصد هیدروژن پراکسید و ۲ درصد سدیم هیدراکسید بیشترین میزان بازده جوهرزدایی دیده می‌شود، همچنین در نسبت ۳ درصد هیدروژن پراکسید و ۳ درصد سدیم هیدراکسید نیز راندمان نزدیک به نسبت قبلی بوده در حالی که در نسبت ۱ درصد هیدروژن پراکسید و ۲ درصد سدیم هیدراکسید کمترین مقدار راندمان وجود دارد.

تشکر و قدردانی

از زحمات جناب آقای دکتر احمد جهان‌لتیباری و کارکنان محترم مرکز تحقیقات صنایع چوب و کاغذ مازندران تشکر و قدرانی می‌شود.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۷/۴ ، تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۶/۲۳

منابع

[۱] افرابندپی، ا؛ مبانی ویژگی‌های کاغذ، انتشارات علوم کشاورزی، ص ۳۹۲، (۱۳۸۱).

[۲] بهین، ج؛ واحد، ش؛ تأثیر استن در جوهرزدایی از کاغذهای باطله به روش شناورسازی. همایش ملی فرآوری و کاربرد مواد سلولزی. ص ۳۸۶–۳۸۹ ، (۱۳۸۲).

Archive of SID
www.SID.ir

[۳] پورموسی، ش؛ بررسی مقایسه‌ای دو نوع ماده افزودنی به منظور بهبود ویژگی‌های کیفی در کاغذهای صد در صد بازیافتی. همایش ملی فرآوری و کاربرد مواد سلولزی. ص ۳۷۳-۳۷۸، (۱۳۸۲).

[۴] قاسمی کوچمشگی، م؛ سالاری، ع؛ ا. و ا. امینی‌فر، تأثیر تیمارهای شیمیایی بر روی خواص نوری و مکانیکی کاغذهای پرینتر صددرصد بازیافتی. سومین همایش سراسری شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین ـ پیشوا، ص ۳۶۴ ، (۱۳۸۶).

[۵] قاسمیان، ع. استفاده از خمیر جوهر زدایی شده کاغذهای روزنامه و مجله باطله در خمیر CMP داخلی برای تولید کاغذ روزنامه. دانشکده کشاورزی منابع طبیعی، دانشگاه تهران، (۱۳۸۲).

[۶] منظورالاجداد، م؛ اولویت ها در برخورد با مشکلات صنایع کاغذ و مقوای کشور. همایش ملی فرآوری و کاربرد مواد سلولزی ص ۳۱۱-۳۱۹، (۱۳۸۲).

[۷] میر شکرایی، ا.؛ راهنمای بازیافت کاغذهای باطله. ۱۵۲ صفحه، انتشارات آییش (۱۳۸۶).

[8] Borchardt J. K., Effect of Process Variables in Laboratory Deinking Experiments, *Tappi Journal*, **76**(11), 147-154, (1993).

[9] Chaiarrekij S., Dhingra H., Ramarao B.V., Deinking of Recycled Pulps Using Column Flotation: Energy and Environmental Benefits, *Conservation and Recycling*, **28**, 219-22 (2000).

[10] France Ois Julien Saint Amand, Hydrodynamics of Deinking Flotation. *Int. J.Miner. process*, **56**. 277-316 (1999).

[11] Lee C.K., Darah I., Ibrahim C.O., Enzymatic Deinking of Laser Printed Office Waste Papers: Some Governing Parameters on Deinking Efficiency, *Bioresource Technology*, **98**, p. 1648 (2007).

[12] Qian Y., Goodell B., Deinking of Laser Printed Copy Paper with a Mediated Free Radical System, *Bioresource Technology*, **96**, p. 913 (2005).

[13] Salari A.A., Ghasemi Kochameshgi M., Aminifar A., Deinking of Laser Printed Copy Paper by Chemical Different Treatments and Effect on Optical and Strength Properties of Paper, *Journal of Physical and Theoretical chemistry of Islamic Azad University of Iran*, **4**(3), p. 155 (2007).

[14] Sengupta D.K., Rao R.B., Deinking of Indian Newspaper by Agglomerate Flotation, *Ie (I) Journal-CH*, **85**, p. 36 (2004).

[15] Shall H.E., Moudgi B.M., Midany, A. E., Separation of Ink Particles from Waste Paper by Fine-Bubbles, *Kona*, **23**, p. 122 (2005).

[16] Viesturs U., Leite M., Eisimonte M., Eremeeva T., Treimanis A., Biological Deinking Technology for the Recycling of Office Waste Papers, *Bioresource Technology*, **67**,p. 255 (1999).

Archive of SID
www.SID.ir