

## جوهرزدایی کاغذهای روزنامه و مجله باطله قسمت دوم: بررسی تاثیر استفاده از خمیر جوهرزدایی شده بر ویژگی های خمیر CMP داخلی

علی قاسمیان<sup>\*</sup>، حسین رسالتی<sup>۱</sup>، علی اکبر عنایتی<sup>۲</sup> و K.L.Pinder<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

<sup>۴</sup> استاد دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه بریتیش کلمبیا-کانادا

(تاریخ دریافت: ۸۳/۷/۴، تاریخ تصویب: ۸۴/۹/۱۳)

### چکیده

در حال حاضر، کاغذ روزنامه از خمیر CMP حاصل از چوب پهن برگان در ترکیب باخمیر الیاف بلند وارداتی در کشور تولید می شود. باتوجه به محدودیت تامین مواد اولیه سلولزی، امکان استفاده از خمیر جوهرزدایی شده (DIP) به جای بخشی از خمیر CMP داخلی و نیز کاهش مصرف خمیر الیاف بلند وارداتی در این تحقیق بررسی شد. در این زمینه خمیر کاغذ جوهرزدایی شده حاصل از مخلوط کاغذهای روزنامه و مجله باطله داخلی با نسبت های ۱۰، ۲۰، و ۳۰ درصد باخمیر CMP داخلی و خمیر الیاف بلند وارداتی ترکیب شده و خواص نوری و مکانیکی کاغذهای دست ساز حاصل از هر یک از این ترکیب ها اندازه گیری شد. بهترین ترکیب از نظر مجموعه خواص نوری و مکانیکی با محاسبه معادله نرمال سازی و امتیاز تعلق یافته به هر یک از ترکیب ها مشخص شد. محاسبات نشان داد که در صورت استفاده از خمیر جوهرزدایی شده نوع ۱ (تهیه شده با استفاده از DTPA به عنوان ماده کی لیت کننده)، ترکیب حاوی ۲۰ درصد از خمیر جوهرزدایی شده مذکور دارای بیشترین امتیاز و بهترین رتبه به لحاظ مجموعه خواص نوری و مکانیکی کاغذهای حاصل است. در مورد خمیر جوهرزدایی شده نوع ۲ (تهیه شده با استفاده از EDTA به عنوان ماده کی لیت کننده)، بیشترین امتیاز تعلق یافته و بهترین رتبه مربوط به ترکیبی است که در آن از مقدار ۳۰ درصد خمیر جوهرزدایی شده استفاده شده است. همچنین در صورت استفاده از ۲۰ درصد خمیر جوهرزدایی شده نوع ۱ در ترکیب با خمیرهای CMP داخلی و الیاف بلند وارداتی، مناسب ترین مقدار مصرف خمیر الیاف بلند در سطح ۱۷ درصد است و نمی توان آن را کاهش داد. در مورد استفاده از ۳۰ درصد خمیر جوهرزدایی شده نوع ۲ در ترکیب با خمیرهای CMP داخلی و الیاف بلند وارداتی نیز مناسب ترین مقدار مصرف خمیر الیاف بلند در سطح ۱۷ درصد است، ولی می توان این مقدار را تا ۱۲ درصد نیز کاهش داد و به جای آن از خمیر جوهرزدایی شده نوع ۲ استفاده کرد.

**واژه های کلیدی:** کاغذ روزنامه - کاغذ مجله - جوهرزدایی - خمیر کاغذ جوهرزدایی شده - خمیر CMP - خمیر الیاف بلند - خواص نوری - خواص مکانیکی - معادله نرمال سازی.

## مقدمه

یکی از روش‌های تامین مواد اولیه سلولزی مناسب برای صنایع کاغذسازی، که طی سال‌های اخیر در سطح جهانی مورد توجه جدی قرار گرفته، بازیافت کاغذهای باطله<sup>۱</sup> است. در نیمه دوم قرن بیستم در بسیاری از کشورهای دنیا بنا به دلایل مختلف از جمله محدودیت منابع اولیه سلولزی، مصرف روزافزون فرآورده‌های کاغذی، مشکلات زیست‌محیطی، هزینه بالا و روزافزون تولید کاغذ و مقوا از مواد خام سلولزی، هزینه بالای انرژی و غیره، استفاده از فناوری بازیافت به صورت بسیار جدی مورد توجه قرار گرفته است، به طوری که در آستانه قرن بیست و یکم توسعه استفاده از الیاف بازیافتی (کاغذهای باطله) به عنوان ماده اولیه سلولزی در صنعت کاغذسازی، بخش قابل توجهی از کمبودهای مواد خام سلولزی در این صنعت رابه صورت رضایت‌بخشی جبران می‌کند.

جوهرزدایی<sup>۲</sup>، یک مرحله تکمیلی در فناوری بازیافت کاغذهای باطله چاپ محسوب می‌شود و طی آن با حذف جوهرهای چاپ و سایر مواد موجود در کاغذهای باطله مثل چسب‌ها، مواد معدنی، عوامل اتصال‌دهنده، پلاستیک‌ها و غیره که در این مرحله به عنوان مواد آلاینده<sup>۳</sup> تلقی می‌شوند، الیاف سلولزی به صورت نسبتاً خالص و عاری از مواد مزاحم برای استفاده مجدد در ساخت کاغذ به دست می‌آیند. در واقع می‌توان گفت که توسعه و بهبود روش‌های جوهرزدایی یکی از عوامل مهم افزایش مصرف کاغذهای بازیافتی در سطح دنیا بوده است.

الیاف خمیر جوهرزدایی‌شده<sup>۴</sup> (DIP) تفاوت‌های گوناگونی با الیاف خمیر بکر<sup>۵</sup> دارند که وجود این تفاوت‌ها سبب محدودیت مصرف آنها به صورت خالص یا مخلوط باخمیر بکر برای تولید کاغذ می‌شود. مهم‌ترین این تفاوت‌ها و

محدودیت‌ها عبارتند از: نوع و منشأ DIP (مکانیکی یا شیمیایی)، تغییرات مورفولوژی و انعطاف‌پذیری الیاف DIP، تغییرات و ویژگی‌های نوری و مکانیکی DIP، وجود لکه‌های جوهر و سایر مواد آلاینده در DIP، کهنه شدن کاغذهای باطله در اثر مرور زمان و عدم یکنواختی کاغذهای باطله.

ویژگی‌های DIP حاصل از مخلوط کاغذهای روزنامه و مجله باطله در درجه اول به نوع و کیفیت کاغذهای باطله مصرفی بستگی دارد و به هنگام اختلاط DIP باخمیر CMP باید به این نکته توجه داشت. همچنین ویژگی‌های خمیر CMP شامل نوع ماده اولیه سلولزی مورد مصرف و شرایط فرایند تهیه خمیر نیز بر ویژگی‌های نهایی کاغذ حاصل از اختلاط این دو خمیر کاغذ مؤثر خواهد بود و بررسی‌های علمی نیز مؤید آن است. هایم برگر<sup>۶</sup> و ترمبلی<sup>۷</sup> ۱۹۹۰ جوهرزدایی و رنگبری کاغذهای روزنامه و مجله باطله برای تولید کاغذ چاپ را بررسی کردند و با مقایسه ویژگی‌های کاغذهای دست‌ساز حاصل از اختلاط DIP و خمیر CTMP سفید شده با ویژگی‌های نمونه‌های شاهد (حاصل از اختلاط خمیر کرافت سفید شده و خمیر CTMP سفید شده)، نشان دادند که ویژگی‌های کیفی مخلوط ۵۰/۵۰ درصد DIP و CTMP تقریباً معادل ویژگی‌های مخلوط ۹۰/۱۰ درصد خمیر کرافت و CTMP است. همچنین در صورت انجام یک مرحله دیگر رنگبری، افزایش سهم کاغذ مجله در مخلوط کاغذهای باطله و یک مرحله اتوی دقیق<sup>۸</sup>، ویژگی‌های کیفی مخلوط ۵۰/۵۰ درصد DIP و CTMP تقریباً معادل ویژگی‌های کیفی مخلوط ۷۵/۲۵ درصد خمیر کرافت و CTMP است. لاو<sup>۹</sup> و همکاران (۱۹۹۵) به کارگیری کاغذ روزنامه به جای خمیر الیاف بلند در ساخت کاغذ نوشتنی را بررسی کردند و معتقدند که خمیر کاغذ باطله تیمار شده با سولفیت سدیم

۶- Heimburger

۷- Tremblay

۸- Supercalendering

۹- Law

۱- Waste paper recycling

۲- Deinking

۳- Contaminants

۴- Deinked pulp

۵- Virgin

## مواد و روش‌ها

بهترین انواع DIP حاصل از بخش اول این تحقیق (۱) براساس نوع ماده کیلات‌کننده مورد استفاده (در مجموع دو نوع DIP) به صورت جداگانه باخمیر CMP داخلی و خمیر الیاف بلند مخلوط شدند. اختلاط خمیر کاغذهای مذکور در دو حالت ترکیب مشخص به شرح زیر انجام شد:

### الف - فاز یک

در این مرحله مقدار درصد خمیر الیاف بلند در مخلوط خمیرها، ثابت در نظر گرفته شد و سهم DIP در سه سطح افزایش یافت تا مناسب‌ترین نسبت مصرف هر یک از دو نوع DIP مصرفی مشخص شود. مقادیر هر یک از خمیر کاغذهای مذکور در مخلوط آنها در فاز یک به شرح جدول ۱ بوده‌اند.

جدول ۱- نسبت اختلاط خمیر کاغذهای الیاف بلند، DIP و CMP

در فاز یک

نوع خمیر	مقدار خمیرها (%)		
	ترکیب (M <sub>1</sub> ) ۱	ترکیب (M <sub>2</sub> ) ۲	ترکیب (M <sub>3</sub> ) ۳
خمیر الیاف بلند	۱۷	۱۷	۱۷
* DIP	۱۰	۲۰	۳۰
CMP	۷۳	۶۳	۵۳

\* حاصل از بهترین تیمارهای بازیافت براساس DTPA (نوع ۱) و EDTA (نوع ۲) به صورت جداگانه

از هر ترکیب، کاغذهای دست‌ساز مورد نیاز برای اندازه‌گیری درجه شفافیت و خواص مکانیکی، باتوجه به دستورالعمل‌های مربوط در آیین‌نامه Tappi، ساخته شده و درجه شفافیت و خواص مکانیکی کاغذهای مذکور باتوجه به دستورالعمل‌های مربوط در آیین‌نامه Tappi اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج و انجام محاسبات لازم،

قلیایی در مقایسه با خمیرهای کاغذ تیمار شده در شرایط اسیدی و خنثی ویژگی‌های بهتری دارد و می‌توان آن را جایگزین همه انواع خمیر شیمیایی الیاف بلند در ساخت کاغذ نوشتنی کرد. راثو<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۹۶) نقش کاغذهای اندودشده و مواد پرکننده در فرایند شناورسازی کاغذهای روزنامه و مجله باطله را بررسی کرده و دریافتند وجود این مواد در کاغذ مجله سبب بهبود قابلیت جوهرزدایی کاغذهای روزنامه باطله و افزایش درجه شفافیت خمیر کاغذ بازیافتی می‌شود؛ ایشان علت این مسئله را به رسوب مواد پرکننده روی الیاف و حذف جوهر چاپ نسبت می‌دهند. ماهاگانکار<sup>۲</sup> و بانهام<sup>۳</sup> (۱۹۹۸) اثر کاغذ مجله روی جوهرزدایی کاغذهای چاپ و تحریر بعد از خمیرسازی و شناورسازی را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که بعد از مرحله خمیرسازی، روند تغییرات ویژگی‌های مکانیکی کاغذ، تابع مواد پرکننده موجود در کاغذ مجله است، ولی بعد از مرحله شناورسازی به دلیل حذف مواد پرکننده نرمه‌های الیاف، تمامی ویژگی‌های مکانیکی کاغذ افزایش می‌یابند. فلچر<sup>۴</sup> و همکاران (۱۹۹۸) افزایش و بهبود ویژگی‌های کیفی DIP توسط پالایش آن در درصد خشکی کم را بررسی کردند و معتقدند این عمل سبب می‌شود خواص مکانیکی کاغذ به حداکثر مقدار خود برسد. دنگ<sup>۵</sup> (۲) اثر شیمی سطح الیاف روی میزان هدررفت الیاف در روش شناورسازی را بررسی کرد و نتیجه گرفت که برای کاهش میزان این هدررفت باید خاصیت آب‌گریزی الیاف کاهش یابد.

در تحقیق حاضر، امکان استفاده از DIP حاصل از مخلوط کاغذهای روزنامه و مجله باطله در ترکیب خمیر CMP داخلی در درجات مختلف اختلاط و همچنین امکان‌سنجی کاهش مصرف خمیر الیاف بلند وارداتی در ترکیب خمیر مذکور برای تولید کاغذ روزنامه بررسی شد.

۱- Rao

۲- Mahagaonkar

۳- Banham

۴- Fletcher

۵- Deng

مناسب‌ترین مقدار درصد مصرف هریک از دو نوع DIP مصرفی مشخص شد<sup>۱</sup>.

### ب - فاز دو

بعد از مشخص شدن مقادیر مناسب درصد مصرف هریک از دو نوع DIP مصرفی در فاز یک، در این مرحله مقادیر مذکور به عنوان نسبت ثابت هریک از دو نوع DIP مصرفی در مخلوط خمیرها در نظر گرفته شد و سهم خمیر الیاف بلند وارداتی در ترکیب نهایی خمیر کاغذ در سه سطح کاهش یافت تا امکان جایگزینی نسبی DIPها به جای خمیر الیاف بلند، ارزیابی و تعیین شود. مقادیر هریک از خمیر کاغذهای مذکور در مخلوط آنها در فاز دو به شرح جدول ۲ بوده‌اند.

از هر ترکیب، کاغذهای دست‌ساز مورد نیاز برای اندازه‌گیری درجه شفافیت و خواص مکانیکی، باتوجه به دستورالعمل‌های مربوط درآیین‌نامه Tappi، ساخته شده و درجه شفافیت و خواص مکانیکی کاغذهای مذکور باتوجه به دستورالعمل‌های مربوط درآیین‌نامه Tappi اندازه‌گیری شد. برای تعیین بهترین ترکیب خمیرها، از محاسبه معادلات نرمال‌سازی استفاده شد.

### نتایج:

#### الف - فاز یک

##### ۱- خواص نوری و مکانیکی

میانگین نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص نوری و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز در فاز یک در جدول ۳ آورده شده است. از میانگین کل هریک از خواص مذکور برای محاسبه ضرایب معادله نرمال‌سازی استفاده شد.

۱- ر.ک: بخش‌های "نتایج" و "بحث و نتیجه‌گیری"

جدول ۲- نسبت اختلاط خمیر کاغذهای الیاف بلند، DIP و CMP در فاز دو

مقدار خمیرها (%)						نوع خمیر
DIP نوع ۲			DIP نوع ۱			
ترکیب ۳ (M <sub>3</sub> )	ترکیب ۲ (M <sub>2</sub> )	ترکیب ۱ (M <sub>1</sub> )	ترکیب ۳ (M <sub>3</sub> )	ترکیب ۲ (M <sub>2</sub> )	ترکیب ۱ (M <sub>1</sub> )	
۷	۱۲	۱۷	۷	۱۲	۱۷	خمیر الیاف بلند
۳۰	۳۰	۳۰	۲۰	۲۰	۲۰	*DIP
۶۳	۵۸	۵۳	۷۳	۶۸	۶۳	CMP

\* حاصل از بهترین تیمارهای بازیافت براساس DTPA (نوع ۱ حاصل از تیمار آزمایشی ۴) و EDTA (نوع ۲ حاصل از تیمار آزمایشی ۶)

جدول ۳- میانگین نتایج خواص نوری و مکانیکی کاغذهای دستساز در فاز یک

مقاومت به ترکیدن (KPa)	مقاومت به پاره شدن (mN)	مقاومت کششی (KN/m)	درجه شفافیت (%)	خواص شماره ترکیب
۱۴۲/۵۶	۳۸۱/۲۲	۱/۲۱	۵۹/۴۳	M <sub>1</sub> I <sub>4</sub>
۱۵۵/۶۲	۴۲۰/۴۲	۱/۴۲	۵۶/۸۲	M <sub>2</sub> I <sub>4</sub>
۱۶۱/۸۰	۴۳۳/۱۶	۱/۴۴	۵۳/۹۷	M <sub>3</sub> I <sub>4</sub>
۱۵۱/۳۷	۴۰۳/۱۱	۱/۳۳	۵۹/۵۱	M <sub>1</sub> I <sub>6</sub>
۱۵۲/۶۴	۴۱۰/۲۹	۱/۴۰	۵۸/۲۶	M <sub>2</sub> I <sub>6</sub>
۱۶۲/۸۰	۴۲۷/۶۱	۱/۵۲	۵۷/۲۵	M <sub>3</sub> I <sub>6</sub>
۱۵۴/۴۷	۴۱۲/۶۴	۱/۳۹	۵۷/۵۴	میانگین کل

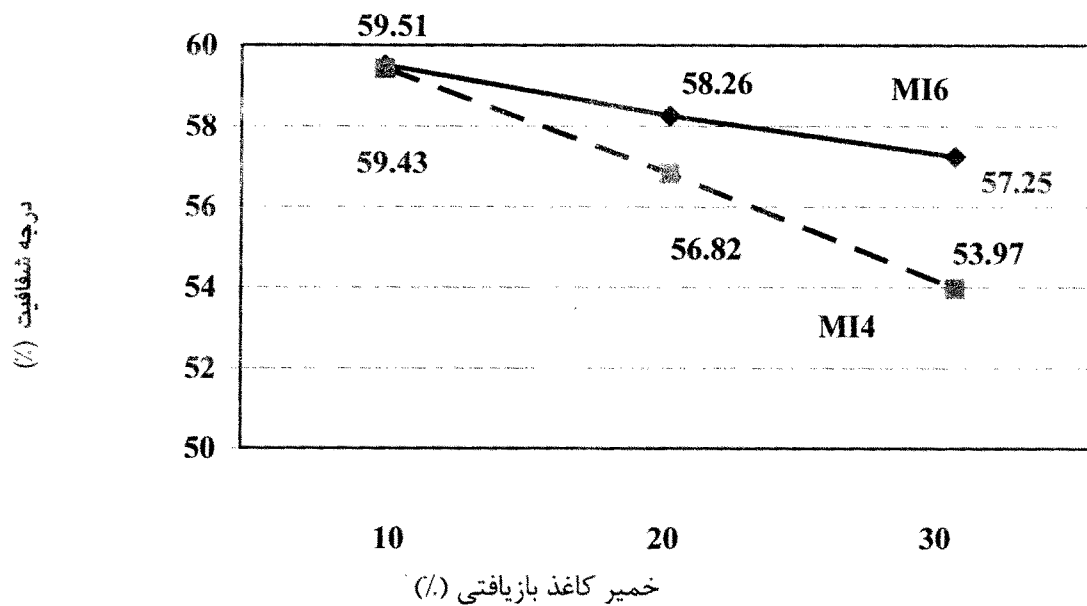
(۱) M<sub>3</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>1</sub> نمایانگر شماره هر ترکیب است (جدول ۱)

(۲) I نشانه فاز یک است.

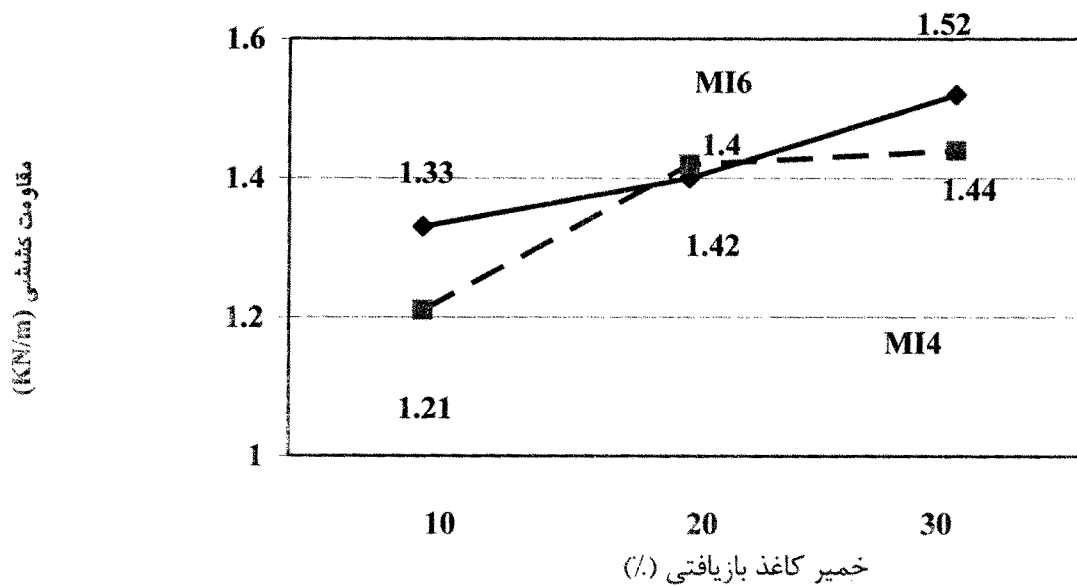
(۳) ارقام ۴ و ۶ به ترتیب شماره بهترین تیمارهای آزمایشی برای تهیه DIP با استفاده از DTPA و EDTA هستند.

مکانیکی کاغذهای دستساز در فاز یک در شکل‌های ۱ تا ۴ دیده می‌شود.

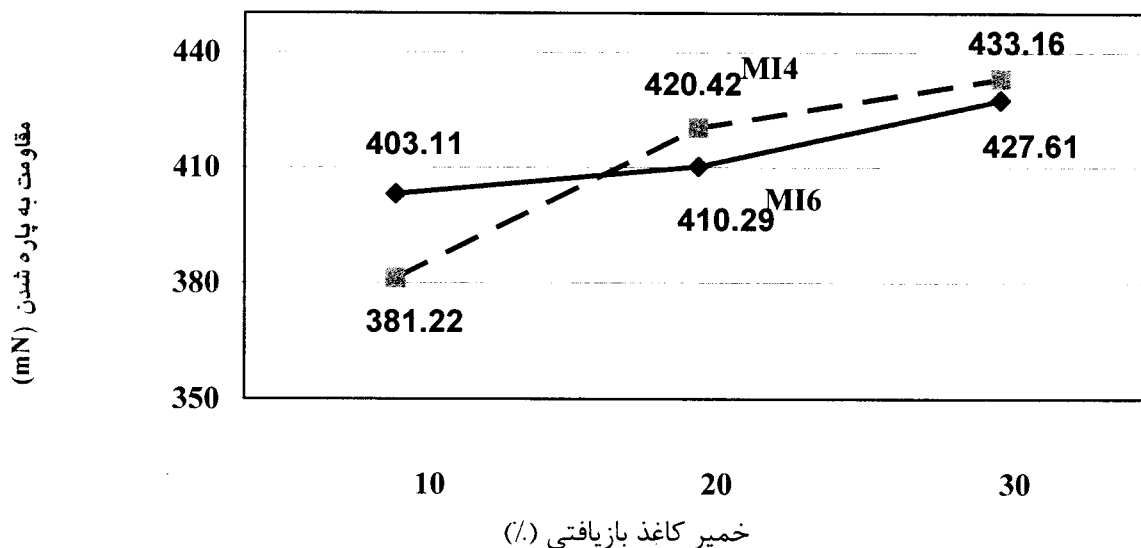
تأثیر درجات مختلف اختلاط هریک از دو نوع DIP تهیه شده در ترکیب نهایی خمیر CMP داخلی بر خواص نوری و



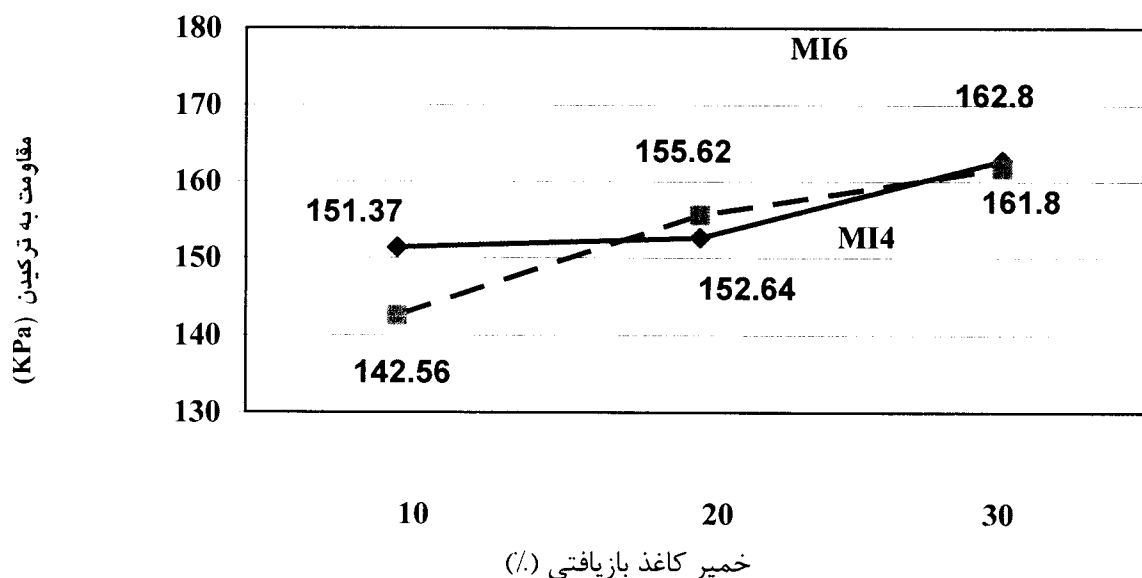
شکل ۱- تأثیر درجات مختلف اختلاط DIP در ترکیب نهایی خمیر CMP داخلی بر درجه شفافیت



شکل ۲- تأثیر درجات مختلف اختلاط DIP در ترکیب نهایی خمیر CMP داخلی بر مقاومت کششی



شکل ۳- تأثیر درجات مختلف اختلاط DIP در ترکیب نهایی خمیر CMP داخلی بر مقاومت به پاره شدن



شکل ۴- تأثیر درجات مختلف اختلاط DIP در ترکیب نهایی خمیر CMP داخلی بر مقاومت به ترکیدن

تعیین شد. در محاسبه این معادله درصد اهمیت هریک از خواص نوری و مکانیکی مورد بررسی به شرح زیر بوده است: درجه شفافیت ۴۵، مقاومت کششی ۳۰، مقاومت به پاره شدن ۲۰ و مقاومت به ترکیدن ۵ درصد.

## ۲- معادله نرمال سازی

باتوجه به نتایج حاصل از اندازه گیری خواص نوری و مکانیکی کاغذهای دست ساز در فاز یک (جدول ۳)، بهترین ترکیب خمیر کاغذهای مذکور براساس هریک از دونوع DIP مورد استفاده به وسیله محاسبه معادله نرمال سازی

بر اساس معادله مذکور، امتیاز تعلق یافته به هر یک از ترکیبها بر اساس نوع DIP مصرفی به شرح جدول ۴ محاسبه شد.

با داشتن میانگین کل هریک از خواص نوری و مکانیکی و باتوجه به درصدهای اهمیت یادشده، معادله نرمال سازی زیر به دست آمد:

(۱)

$$0.007821Y_1 + 0.2158Y_2 + 0.00485Y_3 + 0.00324Y_4 = 1$$

جدول ۴- امتیاز تعلق یافته به هریک از ترکیبهای خمیرهای کاغذ درفاز یک

شماره ترکیب	M <sub>1</sub> I <sub>4</sub>	M <sub>2</sub> I <sub>4</sub>	M <sub>3</sub> I <sub>4</sub>	M <sub>1</sub> I <sub>6</sub>	M <sub>2</sub> I <sub>6</sub>	M <sub>3</sub> I <sub>6</sub>
امتیاز	۰/۹۵۶۹	۱/۰۰۵۱	۰/۹۹۵۳	۰/۹۹۶۹	۱/۰۰۶۲	۱/۰۳۵۸

ب- فاز دو

۱- خواص نوری و مکانیکی

شده است. از میانگین کل هریک از خواص مذکور برای محاسبه ضرایب معادله نرمال سازی استفاده شد.

میانگین نتایج حاصل از اندازه گیری خواص نوری و مکانیکی کاغذهای دست ساز درفاز دو در جدول ۵ آورده

جدول ۵- میانگین نتایج خواص نوری و مکانیکی کاغذهای دست ساز درفاز دو

مقاومت به ترکیدن (KPa)	مقاومت به پاره شدن (mN)	مقاومت کششی (KN/m)	درجه شفافیت (%)	خواص شماره ترکیب
۱۵۵/۶۲	۴۲۰/۴۲	۱/۴۲	۵۶/۸۲	M <sub>1</sub> II <sub>4</sub>
۱۴۷/۳۹	۳۹۴/۳۰	۱/۳۱	۵۵/۷۲	M <sub>2</sub> II <sub>4</sub>
۱۴۴/۴۲	۳۵۶/۰۷	۱/۲۶	۵۴/۹۰	M <sub>3</sub> II <sub>4</sub>
۱۶۲/۸۰	۴۲۷/۶۱	۱/۵۲	۵۷/۲۵	M <sub>1</sub> II <sub>6</sub>
۱۶۱/۷۷	۴۲۰/۴۲	۱/۴۵	۵۶/۶۱	M <sub>2</sub> II <sub>6</sub>
۱۵۳/۵۷	۳۸۵/۴۷	۱/۳۸	۵۵/۸۸	M <sub>3</sub> II <sub>6</sub>
۱۵۴/۲۶	۴۰۰/۷۲	۱/۳۹	۵۶/۲۰	میانگین کل

(۱) M<sub>1</sub>، M<sub>2</sub> و M<sub>3</sub> نمایانگر شماره هر ترکیب است (جدول ۲)

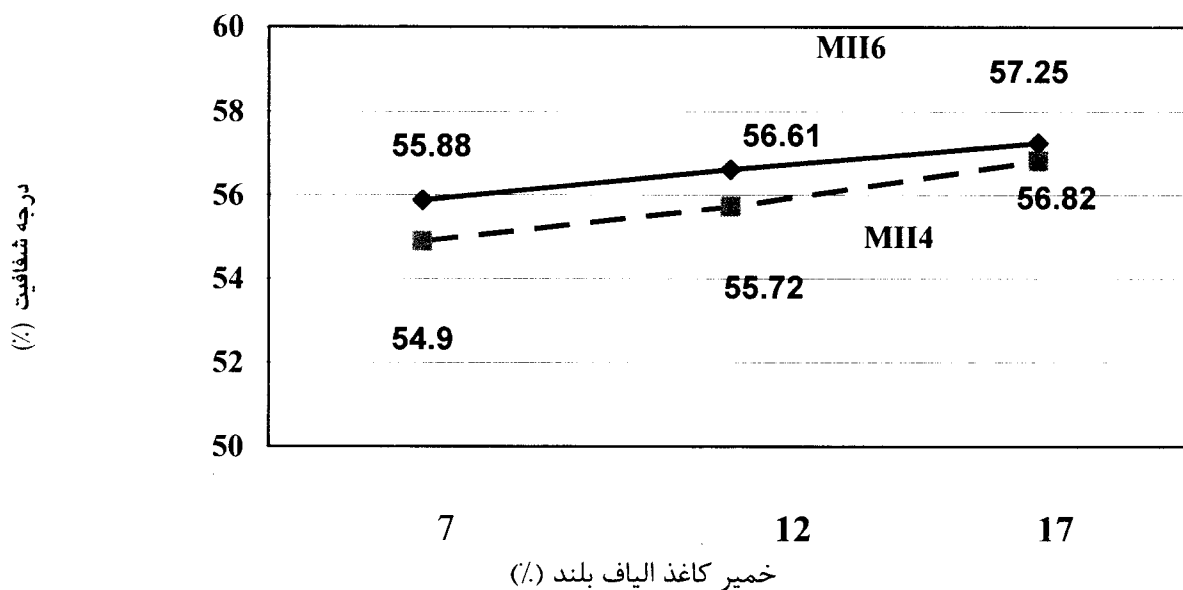
(۲) II نشانه فاز دو است.

(۳) ارقام 4 و 6 به ترتیب شماره بهترین تیمارهای آزمایشی برای تهیه DIP با استفاده از DTPA و EDTA هستند.

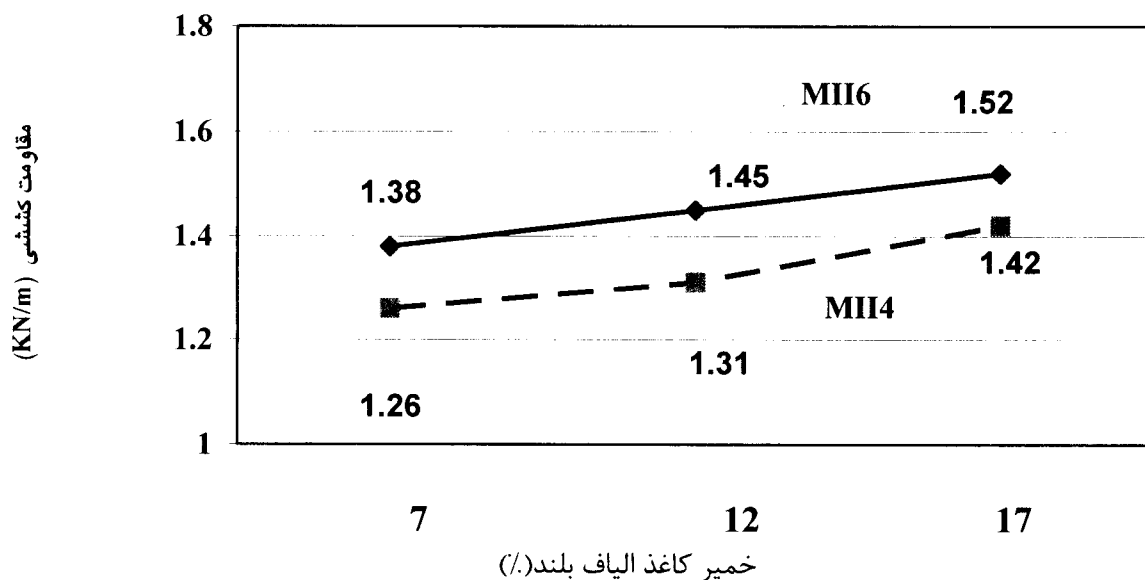
بر خواص نوری و مکانیکی کاغذهای دست ساز درفاز دو در شکل های ۵ تا ۸ دیده می شود.

تأثیر تغییرات نسبت درصد خمیر الیاف بلند در ترکیب خمیر CMP با هریک از دونوع DIP مورد استفاده

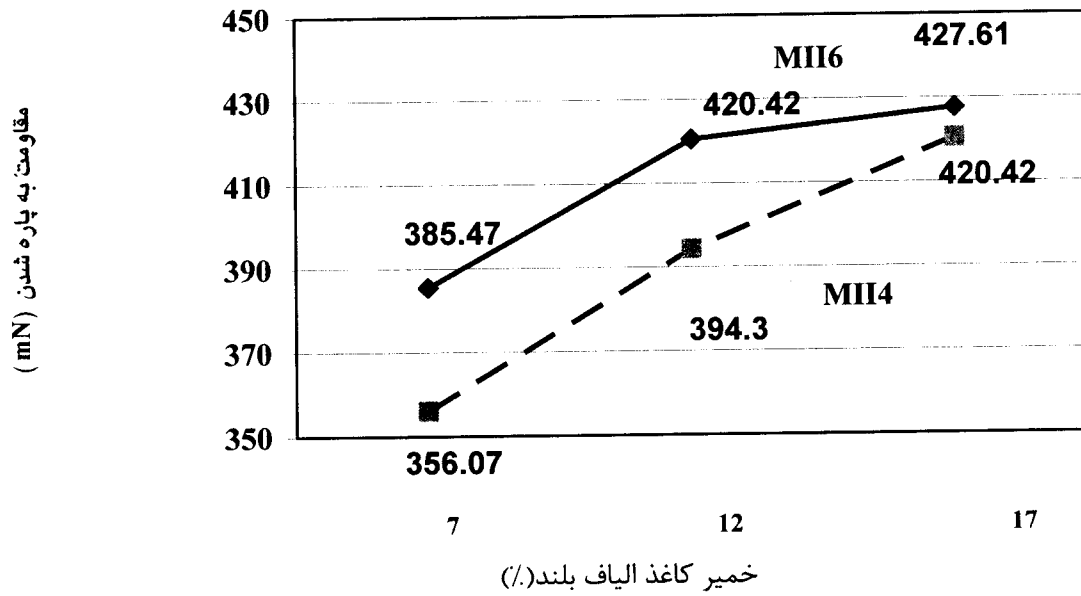




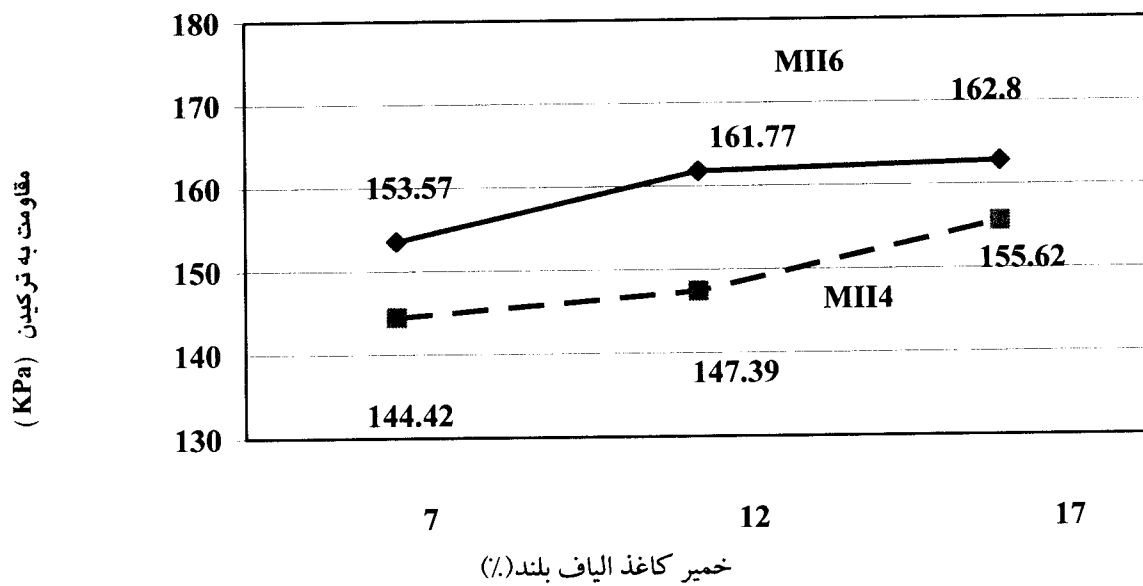
شکل شماره ۵- تأثیر تغییرات نسبت درصد خمیر الیاف بلند در ترکیب خمیر CMP با DIPهای مورد استفاده بر درجه شفافیت



شکل شماره ۶- تأثیر تغییرات نسبت درصد خمیر الیاف بلند در ترکیب CMP با DIPهای مورد استفاده بر مقاومت کششی



شکل شماره ۷- تأثیر تغییرات نسبت درصد خمیر الیاف بلند در ترکیب خمیر CMP با DIPهای مورد استفاده بر مقاومت به پاره شدن



شکل شماره ۸- تأثیر تغییرات نسبت درصد خمیر الیاف بلند در ترکیب خمیر CMP با DIPهای مورد استفاده بر مقاومت به ترکیدن

## ۲- معادله نرمال‌سازی

با داشتن میانگین کل هریک از خواص نوری و مکانیکی و باتوجه به درصدهای اهمیت یادشده، معادله نرمال‌سازی زیر به دست آمد:

(۲)

$$0.008007Y_1 + 0.2158Y_2 + 0.00499Y_3 + 0.00324Y_4 = 1$$

بر اساس این معادله، امتیاز تعلق‌یافته به هریک از ترکیب‌ها براساس نوع DIP مصرفی به شرح جدول ۶ محاسبه شد.

باتوجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص نوری و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز درفاز دو (جدول ۵)، بهترین ترکیب خمیر کاغذهای مذکور براساس هریک از دونوع DIP مورد استفاده به وسیله محاسبه معادله نرمال‌سازی تعیین شد. در محاسبه این معادله درصد اهمیت هریک از خواص نوری و مکانیکی مورد بررسی به شرح پیش گفته بوده است.

جدول ۶- امتیاز تعلق‌یافته به هریک از ترکیب‌های خمیرهای کاغذ درفاز دو

شماره ترکیب	$M_1I_4$	$M_2I_4$	$M_3I_4$	$M_1I_6$	$M_2I_6$	$M_3I_6$
امتیاز	۱/۰۲۱۸	۰/۹۷۳۵	۰/۹۳۶۱	۱/۰۵۲۷	۱/۰۲۸۶	۰/۹۸۷۵

## بحث و نتیجه گیری

ویژگی‌های قابل انتظار درمحصول نهایی می‌توان مقادیر درصد هریک از خمیر کاغذهای مذکور در ترکیب آنها را مشخص کرد.

در صورت استفاده از DIP نوع ۱ (حاصل از تیمار آزمایشی ۴ و با استفاده از DTPA به عنوان ماده کیلات‌کننده)، ترکیب  $M_2I_4$  دارای بیشترین امتیاز (۱/۰۵۱) است. در این ترکیب از ۱۷٪ خمیر الیاف بلند، ۲۰٪ DIP و ۶۳٪ CMP داخلی استفاده شده است، از این‌رو نتیجه می‌گیریم که از DIP نوع ۱ می‌توان حداکثر به مقدار ۲۰٪ در اختلاط با خمیرهای الیاف بلند و CMP داخلی استفاده کرد و بهترین مجموعه خواص نوری و مکانیکی را به دست آورد.

ترکیب  $M_3I_4$  با امتیاز ۰/۹۹۵۳ نیز ترکیب مناسبی به شمار می‌رود که در آن از ۱۷٪ خمیر الیاف بلند، ۳۰٪ DIP و ۵۳٪ CMP داخلی استفاده شده است و دیده می‌شود که با افزایش نسبت DIP (در مقایسه با ترکیب  $M_2I_4$ ) از ۲۰ به ۳۰ درصد، درجه شفافیت، کاهش و خواص مکانیکی کاغذ حاصل افزایش یافته است. از آنجا که درجه شفافیت کاغذ حاصل از این ترکیب حدود ۵۴ درصد است (جدول ۳) و در محدوده قابل قبول برای تولید کاغذ روزنامه قرار دارد، از ترکیب مذکور ( $M_2I_4$ ) نیز می‌توان به عنوان خمیر پایه برای تولید کاغذ روزنامه

باتوجه به نتایج اندازه‌گیری خواص نوری و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز در فاز یک (جدول ۳) و امتیازهای تعلق‌یافته به هریک از ترکیب‌های خمیرهای کاغذ در همین فاز (جدول ۴)، دیده می‌شود که ترکیب  $M_3I_6$  دارای بیشترین امتیاز (۱/۰۳۵۸) است. در این ترکیب از ۱۷٪ خمیر الیاف بلند، ۳۰٪ DIP و ۵۳٪ CMP داخلی استفاده شده است، از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که از DIP نوع ۲ (حاصل از تیمار آزمایشی ۶ و با استفاده از EDTA به عنوان ماده کیلات‌کننده) می‌توان به خوبی تا سقف ۳۰٪ در اختلاط با خمیرهای الیاف بلند و CMP داخلی استفاده کرد و بهترین مجموعه خواص نوری و مکانیکی را به دست آورد.

ترکیب  $M_2I_6$  با امتیاز ۱/۰۰۶۲ نیز ترکیب مناسبی به شمار می‌رود که در آن از ۱۷٪ خمیر الیاف بلند، ۲۰٪ DIP و ۶۳٪ CMP داخلی استفاده شده است. این ترکیب با وجود درجه شفافیت بیشتر از ترکیب  $M_3I_6$ ، به دلیل داشتن خواص مکانیکی کمتر در رتبه پایین‌تری نسبت به ترکیب  $M_3I_6$  قرار گرفته است. در مجموع دیده می‌شود که افزایش نسبت DIP منجر به کاهش درجه شفافیت و افزایش خواص مکانیکی کاغذ حاصل می‌شود. لذا با توجه به

در هر حال، استفاده از DIP نوع ۲ (ترکیب‌های  $M_1II_6$  و  $M_2II_6$ ) در مقایسه با DIP نوع ۱ (ترکیب  $M_1II_4$ ) در ترکیب خمیرهای الیاف بلند، DIP و CMP داخلی منجر به امتیازهای تعلق یافته بیشتر و به عبارت دیگر مجموعه خواص مکانیکی بهتر و برتر در کاغذهای حاصل می‌شود. از طرف دیگر، با توجه به گران‌تر بودن EDTA در مقایسه با DTPA ممکن است استفاده از DIP نوع ۲ از نظر اقتصادی چندان مقرون به صرفه نباشد و باید در این مورد بررسی ویژه‌ای صورت پذیرد.

نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیقات سایر پژوهشگران به‌ویژه هایم برگر و ترمبلی ۱۹۹۰، رائو و همکاران (۱۹۹۶) و ماهاگانکار و بانهام (۱۹۹۸) همخوانی دارد.

بدیهی است جایگزینی مقدار ۲۰ تا ۳۰ درصد هر یک از دو نوع DIP مصرفی در ترکیب خمیر CMP داخلی، ضمن حفظ مزایای پیش‌گفته، مزایای دیگری نیز دارد که مهم‌ترین آنها به شرح زیر است:

- صرفه‌جویی در مصرف چوب آلات جنگلی به میزان ۲۰-۳۰ درصد در سال (معادل ۴۰ تا ۶۰ هزار مترمکعب چوب در سال). این مسئله گامی مهم در جهت حفظ و احیای جنگل‌های شمال کشور خواهد بود.

- کاهش قیمت تمام شده محصول از طریق مصرف مجدد کاغذ (برگشت سرمایه).

- کاهش مصرف مواد شیمیایی و انرژی مصرفی در فرایند تولید خمیر و کاغذ.

- کاهش مصرف آب و پساب در فرایند تولید.

- کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی از طریق جلوگیری از دفع کاغذهای باطله آلوده یا پساب فرایند تولید به محیط زیست.

- کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی در خط تولید از طریق کاهش مصرف مواد شیمیایی.

- صرفه‌جویی ارزی و ریالی با کاهش مصرف خمیر الیاف بلند وارداتی.

استفاده کرد. به علاوه با افزودن مواد پرکننده و بهبود شرایط رنگبری و افزایش مقدار پراکسید هیدروژن می‌توان درجه شفافیت آن را به حد بالایی رساند.

در نهایت با توجه به نتایج حاصل از این بخش اختلاط خمیرها، مقرر شد در فاز دو از ۳۰٪ DIP نوع ۲ (حاصل از تیمار آزمایشی ۶) و ۲۰٪ DIP نوع ۱ (حاصل از تیمار آزمایشی ۴) به صورت جداگانه و به عنوان نسبت درصد ثابت مصرف DIP در اختلاط با خمیر الیاف بلند وارداتی و CMP داخلی استفاده شده و تاثیر استفاده از آنها در کاهش مصرف خمیر الیاف بلند وارداتی مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به نتایج اندازه‌گیری خواص نوری و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز در فاز دو (جدول ۵) و امتیازهای تعلق یافته به هریک از ترکیب‌های خمیرهای کاغذ در این فاز (جدول ۶)، دیده می‌شود که ترکیب  $M_1II_6$  دارای بیشترین امتیاز (۱/۰۵۲۷) است. در این ترکیب از ۱۷٪ خمیر الیاف بلند، ۳۰٪ DIP و ۵۳٪ CMP داخلی استفاده شده است. علاوه بر آن، ترکیب  $M_2II_6$  با امتیاز ۱/۰۲۸۶ نیز ترکیب مناسبی تلقی می‌شود که در آن از ۱۲٪ خمیر الیاف بلند، ۳۰٪ DIP و ۵۸٪ CMP داخلی استفاده شده است. از این رو نتیجه گرفته می‌شود که در صورت استفاده از DIP نوع ۲ در ترکیب خمیرها، مناسب‌ترین درصد مصرف خمیر الیاف بلند در این ترکیب ۱۷٪ است که می‌توان آن را تا سقف ۱۲٪ نیز کاهش داد و خمیری با خواص نوری و مکانیکی مناسب به دست آورد و کاهش بیشتر از آن، به دلیل افت زیاد خواص مکانیکی کاغذ حاصل، مقدور نخواهد بود.

در صورت استفاده از DIP نوع ۱، ترکیب  $M_1II_4$  دارای بیشترین امتیاز (۱/۰۲۱۸) است که در آن از ۱۷٪ خمیر الیاف بلند، ۲۰٪ DIP و ۶۳٪ CMP داخلی استفاده شده و بقیه ترکیب‌ها دارای امتیاز تعلق یافته مناسبی نیستند. پس نتیجه گرفته می‌شود که در صورت استفاده از DIP نوع ۱ در مخلوط خمیرها، مناسب‌ترین مقدار مصرف خمیر الیاف بلند، ۱۷٪ است و نمی‌توان سهم آن را از این مقدار کاهش داد.

## منابع

- ۱- قاسمیان، علی، علی اکبر عنایتی، حسین رسالتی و K.L.Pinder، ۱۳۸۳، جوهرزدایی کاغذهای روزنامه و مجله باطله، قسمت اول: مقایسه ویژگی‌های خمیر جوهرزدایی شده کاغذهای روزنامه و مجله باطله داخلی در مقایسه با خمیر CMP داخلی، مجله منابع طبیعی ایران (۵۷):۳.
- 2- Deng, Y. 2000. Effect of fiber surface chemistry on the fiber loss in flotation deinking, Tappi J., June 2000, 61-67.
- 3- Fletcher, R.S., et al., 1998. Enhancing deinked pulp quality through low consistency refining, PPC, 99(2): 26-31.
- 4- Heimburger, S.A., S. Tremblay, 1990. Optimal deinking and bleaching of recycled newspapers and magazines to produce mechanical printing paper, Proceedings. Tappi pulping Conf., 525-535.
- 5- Law, K.N., et al. 1995. Replacement of the chemical pulp in newsprint by chemically treated ONP, Paprican, Progress in paper recycling, Feb. 1995, 28-35.
- 6- Mahagaonkar, M. & Paul Banham, 1998. The effects of coated magazines on deinking of newsprint after pulping and flotation, Tappi J., 81(12): 101-110.
- 7- Rao, R., et al., 1996. The role of coated paper and fillers in flotation deinking of newsprint, Paprican, Progress in paper recycling, Feb. 1996, 103-112.
- 8- Tappi. 2000. Standard test methods, Tappi press, Atlanta, GA.

## ONP/OMG Deinking Part 2: Effects of DIP Use on the Properties of Local CMP Pulp

A. Ghassemian<sup>\*1</sup>, H. Ressalati<sup>2</sup>, A. A. Enayati<sup>3</sup> and K.L Pinder<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Asst. Prof., College of Forestry and Wood Technology, Gorgan University. of Agriculture and Nat. Res, I. R. Iran

<sup>2</sup> Assc. Prof., College of Forestry and Wood Tech., Gorgan University. of Agriculture And Nat. Res, I. R. Iran

<sup>3</sup> Assc. Prof., College of Nat. Res., University of Tehran, I. R. Iran

<sup>4</sup> Emeritus Professor, Chemical Engineering Department, British Columbia University, Canada, I. R. Iran

(Received: 25 Sep 2004, Accepted: 4 Dec 2005)

### Abstract

Newsprint is currently made in Iran using CMP pulp produced from local hardwoods mixed with imported long fibers. Due to the limitation of domestic cellulosic materials, the possibility of using local deinked pulp (DIP) in place of part of local CMP, and therefore decreasing the percentage of imported long fiber use in the mix of pulps has been studied in this research. The bleached deinked pulps of local ONP/OMG mixes were separately mixed at 10, 20 and 30 Percent ratios with local hardwoods CMP, including imported long fiber pulp. Measuring the optical and mechanical properties of the hand sheets made out of these mixes, the best mix was determined by calculating the related normalization equation and the score of each mix. The results have shown that in the case of DIP type 1 (produced by using DTPA as chelating agent), the best score, i.e. The best properties belong to the mix containing 20 percent of the DIP. Using DIP type 2 (produced by using EDTA as chelating agent), the highest score belongs to the mix containing 30 percent of DIP. Moreover, using 20 percent of DIP type 1 in the mix, the ratio of long fiber pulp use must be kept at 17 percent the decrease of which would not be suitable. But, using 30 percent of DIP type 2 in the mix, the best ratio of long fiber pulp use is at 17 percent, which can be lowered to 12 percent, as well.

**Keywords:** ONP, OMG, Deinking, Deinked Pulp (DIP), CMP Pulp, Long Fiber Pulp, Optical Properties, Mechanical Properties, Normalization Equation.