



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
دانشکده معدن، متالورژی، نفت

پایان نامه کارشناسی ارشد

جوهرزدایی کاغذ باطله به روش فلوتاسیون

نگارش

محمد مهدی اکبری

۸۵۱۲۷۰۰۱

استاد راهنما

دکتر بهرام رضایی

استاد مشاور

مهندس مرضیه خطیب زاده

اسفند ۸۷



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی تکنیک تهران)

بسمه تعالی

تاریخ:  
شماره:

فرم اطلاعات پایان نامه  
کارشناسی - ارشد و دکترا

معاونت پژوهشی  
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی: محمد مهدی اکبری  
شماره دانشجویی: ۸۵۱۲۷۰۰۱  
دانشجوی آزاد  / دانشکده: معدن  
بورسیه  / رشته تحصیلی: فرآوری مواد  
معادل  / گروه: معدن

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی: دکتر بهرام رضایی  
نام و نام خانوادگی:  
درجه و رتبه: استاد  
درجه و رتبه: مربی

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: مهندس مرضیه خطیب زاده  
نام و نام خانوادگی:  
درجه و رتبه:  
درجه و رتبه:

عنوان پایان نامه به فارسی: جوهرزدایی کاغذ باطله به روش فلوتاسیون

عنوان پایان نامه به انگلیسی: Deinking of Waste paper by flotation

نوع پروژه: کارشناسی  / کاربرد   
ارشد  / بنیادی   
دکتر  / توسعه ای   
سال تحصیلی: ۸۵ / نظری

تاریخ شروع: ۸۶/۷ تاریخ خاتمه: ۸۷/۱۱ تعداد واحد: ۶ سازمان تأمین کننده اعتبار: دانشگاه

واژه‌های کلیدی به فارسی: بازیافت، جوهرزدایی، کاغذ باطله، قابلیت جوهرزدایی روشنی، قابلیت جوهرزدایی Lab

واژه‌های کلیدی به انگلیسی: Recycling, Deinking, Waste paper, deinkability - Lab, deinkability - brightness

تعداد صفحات ضمیمه	تعداد مراجع	واژه نامه	نقشه	نمودار	جدول	تصویر	تعداد صفحات	مشخصات ظاهری
۸	۳۷	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	۱۳۰	
انگلیسی <input type="radio"/>	فارسی <input checked="" type="radio"/>	چکیده	انگلیسی <input type="radio"/>	فارسی <input checked="" type="radio"/>				زبان متن
یادداشت								

نظرها و پیشنهادهای به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه  
استاد:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما: تاریخ:

نسخه ۱: ارائه به معاونت پژوهشی به همراه یک نسخه الکترونیکی از پایان نامه و فرم اطلاعات پایان نامه بصورت PDF همراه چاپ چکیده (فارسی انگلیسی) و فرم اطلاعات پایان نامه

نسخه ۲: ارائه به کتابخانه دانشکده (به همراه نسخه الکترونیکی فرم و دو جلد پایان نامه و لوح فشرده طبق نمونه اعلام شده در صفحه خانگی کتابخانه مرکزی)

## چکیده

امروزه در بسیاری از کشورهای جهان استفاده از کاغذهای باطله برای ساخت انواع درجات کاغذ و مقوا به دلیل محدودیت منابع خام لیگنوسلولزی، مصرف روزافزون کاغذ و مقوا، مشکلات و محدودیت‌های زیست محیطی، هزینه تمام شده و نیز امکان بازیافت و استفاده مجدد کاغذ باطله، شدیداً مورد توجه قرار گرفته است، بطوریکه سهم جهانی بازیافت کاغذ باطله بطور متوسط حدود ۳۵ درصد است. در برخی از کشورها بیش از ۵۰ درصد کل کاغذ و مقوای مصرف شده بازیافت می‌گردد در حالیکه این عدد در ایران به ۸ درصد می‌رسد. با توجه به مصرف بالا و روزافزون کاغذهای روزنامه و مجلات و نیز استفاده و کاربرد موقتی و کوتاه‌مدت از این فرآورده‌ها، بازیافت این نوع محصولات کاغذی و تحقیقات و سرمایه‌گذاری بیشتر در این خصوص در کشور ما امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

در این تحقیق عملیات جوهرزدایی از کاغذ روزنامه و کاغذ باطله اداری به روش فلوتاسیون تحت شرایط (مقدار صابون: ۰/۵، ۱ و ۲ درصد بر مبنای الیاف خشک، دور همزن در سلول فلوتاسیون: ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ دور بر دقیقه، نوع کاغذ: روزنامه باطله، کاغذ باطله اداری و اختلاط روزنامه-کاغذ اداری به نسبت ۵۰: ۵۰٪، زمان خمیر سازی: ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه) انجام شده و قابلیت جوهرزدایی به دو روش اندازه گیری فاکتور قابلیت جوهرزدایی روشنی و فاکتور قابلیت جوهرزدایی سیستم رنگی Lab تعیین و مقایسه شد.

نتایج نشان می‌دهد که بهترین شرایط برای دستیابی به راندمان بالای جوهرزدایی و کمترین هدر رفت الیاف در مقدار صابون: ۱٪، دور همزن: ۸۰۰ دور بر دقیقه، نوع کاغذ: کاغذ باطله اداری و زمان خمیر سازی ۱۵ دقیقه می‌باشد.

تحت شرایط بهینه، ۸۰/۸۲٪ قابلیت جوهرزدایی روشنی، ۷۸/۱٪ قابلیت جوهرزدایی سیستم رنگی Lab و ۸۸/۱۳۱٪ راندمان الیاف بدست آمد.

## فصل اول: کلیات

۲	..... ۱-۱-مقدمه
۳	..... ۲-۱-ساختار شیمیایی کاغذ
۴	..... ۳-۱-انواع کاغذ و ارتباط آنها با بازیافت
۵	..... ۴-۱-جوهر های چاپ
۶	..... ۱-۴-۱- ساختار جوهرهای چاپ
۶	..... ۱-۴-۲-ویژگی های جوهر های چاپ
۸	..... ۱-۴-۳- فرایندهای چاپ
۸	..... ۱-۴-۳-۱-سیستم های چاپ فشاری
۸	..... ۱-۴-۳-۱-۱-چاپ لتر پرس
۹	..... ۱-۴-۳-۱-۲-چاپ افست لیتوگرافی
۹	..... ۱-۴-۳-۱-۳-چاپ فلکسو گرافی
۹	..... ۱-۴-۳-۱-۴-چاپ گراور
۱۰	..... ۱-۴-۳-۲-سیستم های چاپ غیر فشاری
۱۰	..... ۱-۴-۳-۲-۱-چاپ زیراکس و چاپ لیزری
۱۱	..... ۱-۴-۳-۲-۲-چاپ جت
۱۱	..... ۱-۴-۴-روشهای خشک کردن جوهرهای چاپ

## فصل دوم: فرآوری و بازیافت کاغذ باطله

۱۴	..... ۱-۲-مقدمه
۱۵	..... ۲-۲-بازیافت کاغذ
۱۵	..... ۱-۲-۲- ضرورت بازیافت کاغذ
۱۷	..... ۲-۲-۲- تعریف کاغذ بازیافتی
۱۸	..... ۳-۲-۲- خواص کاغذ باطله
۱۸	..... ۱-۳-۲-۲- منابع آلاینده ها
۱۹	..... ۲-۳-۲-۲- تغییر خواص در اثر بازیافت
۲۰	..... ۳-۲- مراحل بازیافت کاغذهای باطله
۲۲	..... ۴-۲-جوهرزدایی
۲۴	..... ۱-۴-۲- روش های جوهرزدایی و تاثیر اندازه ذرات جوهر در انتخاب روش
۲۸	..... ۲-۴-۲-استراتژیهای جداسازی و برداشت جوهر های چاپ

۲۸	..... ۲-۴-۱-جداسازی جوهر های لتر پرس
۲۸	..... ۲-۴-۲-جداسازی جوهر های چاپ افست
۲۸	..... ۲-۴-۳-جداسازی جوهر های چاپ فلکسو گرافی
۲۸	..... ۲-۴-۴-جداسازی جوهرهای چاپ لیتوگرافی
۲۹	..... ۲-۴-۵-جداسازی جوهر های زیراکس
۲۹	..... ۲-۴-۶-جداسازی جوهرهای چاپ لیزری
۲۹	..... ۲-۴-۳-ضرب جوهرزدایی
۳۰	..... ۲-۴-۴-روش شستشو
۳۱	..... ۲-۴-۵-روش فلوتاسیون
۳۳	..... ۲-۴-۵-۱-مقایسه فلوتاسیون مواد معدنی و فلوتاسیون به منظور جوهرزدایی
۳۶	..... ۲-۵-مواد شیمیایی مورد استفاده در بازیافت کاغذ باطله
۳۶	..... ۲-۵-۱-مواد شیمیایی مورد استفاده در فرآیند جوهر زدایی
۳۶	..... ۲-۵-۱-۱-مواد شیمیایی مورد استفاده در مرحله خمیرسازی
۳۶	..... ۲-۵-۱-۱-۱-هیدروکسید سدیم
۳۷	..... ۲-۵-۱-۱-۲-پراکسید هیدروژن
۳۷	..... ۲-۵-۱-۱-۳-عوامل کیلاتینگ و نمک های آن
۳۸	..... ۲-۵-۱-۱-۴-سیلیکات سدیم
۳۹	..... ۲-۵-۱-۲-مواد شیمیایی مورد استفاده در مرحله دوم جوهرزدایی یا حذف
۳۹	..... ۲-۵-۱-۲-۱-مواد شیمیایی مورد استفاده در فرآیند شستشو و تشریح فرآیند
۴۱	..... ۲-۵-۱-۲-۲-مواد شیمیایی مورد استفاده در فرآیند فلوتاسیون و تشریح فرآیند
۴۳	..... ۲-۵-۲-مواد شیمیایی مورد استفاده در فرایند سفید سازی
۴۵	..... ۲-۶-نقش سطح سازها در جوهر زدایی به روش فلوتاسیون
۵۱	..... ۲-۷-سلول های فلوتاسیون
۵۱	..... ۲-۷-۱-تاریخچه سلول های فوتاسیون
۵۱	..... ۲-۷-۲-انواع سلول های فلوتاسیون مورد استفاده در صنعت بازیافت کاغذ

### فصل سوم: سابقه تحقیق

۵۵	..... ۳-۱-مقدمه
۵۵	..... ۳-۲-مطالعات انجام گرفته در مورد مواد شیمیایی مورد استفاده در فرآیند جوهرزدایی
۵۸	..... ۳-۳-مطالعات انجام گرفته در مورد فاکتور های موثر بر فرآیند جوهرزدایی
۶۵	..... ۳-۴-مطالعات انجام گرفته در مورد افت الیاف در فرآیند جوهرزدایی به روش فلوتاسیون

۳-۵- اهداف تحقیق..... ۶۶

### فصل چهارم: روش مطالعه

۴-۱- انتخاب نوع کاغذ باطله..... ۶۹

۴-۲- آماده سازی نمونه ها..... ۶۹

۴-۳- تعیین درصد رطوبت کاغذ..... ۶۹

۴-۴- نمونه برداری..... ۷۰

۴-۵- تهیه خمیر از خرده های کاغذ..... ۷۰

۴-۶- آبگیری یا افزایش درصد خشکی خمیر..... ۷۱

۴-۷- جوهرزدایی..... ۷۱

۴-۷-۱- نحوه انجام مرحله اول فرآیند جوهرزدایی (خمیر سازی)..... ۷۱

۴-۷-۲- مرحله فلوتاسیون..... ۷۳

۴-۷-۲-۱- نحوه آماده سازی مواد شیمیایی برای فرآیند فلوتاسیون..... ۷۳

۴-۷-۲-۲- نحوه محاسبه مقدار مواد شیمیایی..... ۷۴

۴-۷-۲-۳- نحوه انجام فرآیند فلوتاسیون..... ۷۵

۴-۷-۳- نحوه عمل سفید سازی خمیر..... ۷۶

۴-۸- ساخت کاغذ دست ساز برای اندازه گیری خواص اپتیکی کاغذ..... ۷۷

۴-۸-۱- طرز ساخت کاغذ دست ساز..... ۷۷

۴-۹- اندازه گیری خواص نوری..... ۷۹

۴-۱۰- اندازه گیری درصد قابلیت جوهرزدایی..... ۷۹

۴-۱۰-۱- فاکتور قابلیت جوهرزدایی روشنی..... ۷۹

۴-۱۰-۲- قابلیت جوهرزدایی به روش مقیاس رنگی CIELAB..... ۸۰

۴-۱۱- اندازه گیری درصد راندمان الیاف..... ۸۱

### فصل پنجم: بحث و بررسی نتایج

۵-۱- انتخاب نوع کاغذ باطله..... ۸۳

۵-۲- مرحله دفیبره کردن کاغذ..... ۸۳

۵-۳- آزمایشات جوهرزدایی..... ۸۴

۵-۳-۱- طراحی آزمایشات..... ۸۵

۵-۴- نتایج خواص نوری و درصد راندمان الیاف..... ۸۶

۵-۴-۱- قابلیت جوهرزدایی روشنی..... ۸۸

۵-۴-۱-۱- تاثیر مستقل فاکتور ها روی درصد قابلیت جوهرزدایی روشنی..... ۸۸

۵-۴-۱-۲- آنالیز واریانس پارامترهای موثر..... ۹۲

94	.....۳-۱-۴-۵- اثرات متقابل فاکتورها بر روی درصد قابلیت جوهرزدایی
۹۸	.....۲-۴-۵- قابلیت جوهرزدایی به روش مقیاس رنگی CIELAB
۱۰۰	.....۱-۲-۴-۵- تاثیر مستقل فاکتورها روی درصد قابلیت جوهرزدایی
۱۰۱	.....۲-۱-۴-۵- آنالیز واریانس پارامترهای موثر
۱۰۳	.....۵-۵- درصد راندمان الیاف
۱۰۴	.....۱-۵-۵- اثرهای مستقل فاکتورها روی راندمان الیاف
۱۰۶	.....۲-۵-۵- آنالیز واریانس پارامترهای موثر
۱۰۸	.....۳-۵-۵- اثرات متقابل فاکتورها روی درصد راندمان الیاف
۱۱۲	.....۶-۵- تعیین شرایط بهینه بر اساس درصد جوهرزدایی و راندمان الیاف
<b>فصل ششم: نتیجه گیری نهایی و پیشنهادات</b>	
۱۱۷	.....۱-۶- نتیجه گیری نهایی
۱۱۹	.....۲-۶- پیشنهادات
۱۲۰	.....منابع

صفحه	عنوان
۴	۱-۱: ترکیب شیمیایی کاغذ.....
۵	۱-۲- خصوصیات جوهر های با پایه آب و پایه روغن.....
۳۴	۲-۲- مشخصات عمومی اجزاء پالپ سیستم های فلوتاسیون در فرآوردن کانیها و جوهرزدایی کاغذ.....
۳۵	۲-۳- مزایا و معایب دو روش جوهرزدایی شستشو و فلوتاسیون.....
۵۲	۲-۴- تاریخچه سلول های فلوتاسیون.....
۵۷	۳-۱: نمونه ای از مواد شیمیایی و شرایط موارد استفاده در فرآیند جوهرزدایی.....
۷۲	۴-۱- نوع و مقدار مصرف مواد شیمیایی و شرایط عمل در مرحله خمیر سازی.....
۷۳	۴-۲- شرایط نمونه های مورد آزمایش در مرحله خمیرسازی.....
۷۵	۴-۳- مواد شیمیایی استفاده شده در مرحله فلوتاسیون.....
۷۶	۴-۴- شرایط استفاده شده در مرحله فلوتاسیون.....
۷۷	۴-۵- نوع و مقدار مصرف مواد شیمیایی و شرایط عمل در مرحله سفید سازی.....
۸۳	۵-۱- ویژگیهای کاغذ روزنامه ایران و کاغذ اداری.....
۸۵	۵-۲- متغیر ها و سطوح آنها در این مطالعه.....
۸۵	۵-۳- آرایه انتخاب شده بوسیله روش تاگوچی.....
۸۶	۵-۴- شرایط آزمایشات انجام شده.....
۸۷	۵-۵- میانگین خواص نوری و راندمان الیاف بدست آمده از سه تکرار آزمایش.....
۸۷	۵-۶- خواص نوری نمونه های BS و US.....
۸۸	۵-۷- مقادیر فاکتور قابلیت جوهرزدایی روشنی.....
۹۲	۵-۸- آنالیز واریانس (ANOVA) پارامترهای موثر بر قابلیت جوهرزدایی روشنی.....
۹۳	۵-۹- آنالیز واریانس (ANOVA) پارامترهای موثر بعد از pooling.....
۹۳	۵-۱۰- شرایط بهینه بر اساس قابلیت جوهرزدایی روشنی.....
۹۹	۵-۱۱- نتایج تغییرات رنگی.....
۱۰۰	۵-۱۲- نتایج قابلیت جوهرزدایی به روش مقیاس رنگی CIELAB.....
۱۰۱	۵-۱۳- آنالیز واریانس (ANOVA) پارامترهای موثر بر قابلیت جوهرزدایی روش CIELAB.....
۱۰۲	۵-۱۴- آنالیز واریانس (ANOVA) پارامترهای موثر بعد از pooling.....
۱۰۲	۵-۱۵- شرایط بهینه بر اساس قابلیت جوهرزدایی CIELAB.....
۱۰۳	۵-۱۶- راندمان الیاف نمونه های مورد آزمایش.....
۱۰۷	۵-۱۷- آنالیز واریانس (ANOVA) پارامترهای موثر بر راندمان الیاف.....
۱۰۷	۵-۱۸- آنالیز واریانس (ANOVA) پارامترهای موثر بعد از Pooling.....
۱۰۸	۵-۱۹- مقدار بهینه پارامتر ها بر اساس راندمان الیاف.....



۱۱۴	.....شرایط بهینه بر اساس درصد جوهرزدایی و راندمان الیاف.....۲۰-۵
-----	--

صفحه	عنوان	فهرست اشکال
۱۴	شکل ۱-۲) چرخه تولید کاغذ.....	
۲۳	شکل ۲-۲) رشد و توسعه جوهرزدایی به روش فلوتاسیون در جهان.....	
۲۴	شکل ۳-۲) دو مرحله خمیرسازی و فلوتاسیون در جوهرزدایی به روش فلوتاسیون.....	
۲۶	شکل ۴-۲) تاثیر اندازه جوهر در انتخاب روش جوهرزدایی.....	
۲۷	شکل ۵-۲) محدوده اندازه ذراتی که روی شفافیت اپتیکی تاثیر می گذارند.....	
۳۲	شکل ۶-۲) نیروهای موجود در منطقه سه فازي.....	
۳۸	شکل ۷-۲) -نمک های سدیم DTPA و EDTA.....	
۴۰	شکل ۸-۲) ساختمان یک میسل.....	
۴۰	شکل ۹-۲) فرآیند شستشو و جداسازی ذرات جوهر.....	
۴۳	شکل ۱۰-۲) مکانیزم های موجود در جوهرزدایی به روش فلوتاسیون.....	
۵۶	شکل ۱۱-۳) اثر بکارگیری مواد متفرق کننده و کلکتور، در فرآیند شستشو، فلوتاسیون و فرآیند تلفیقی شستشو و فلوتاسیون بر روی شفافیت خمیر	
۶۰	شکل ۱۲-۳) اثر تعداد تکرار خمیر سازی بر روی بعضی از ویژگیهای کاغذ بازیافت شده	
۶۰	شکل ۱۳-۳) تاثیر درصد خشکی خمیر در طول فرایند جوهرزدایی تحت شرایط استاندارد بر روی شفافیت	
۷۰	شکل ۱-۴) دستگاه مخلوط کن (بلندر).....	
۷۶	شکل ۲-۴) سلول دنور استفاده شده در فرآیند فلوتاسیون.....	
۷۸	شکل ۳-۴) متلاشی کننده.....	
۷۸	شکل ۴-۴) دستگاه خشک کن.....	
۸۹	شکل ۱-۵) اثر مستقل مقدار صابون بر قابلیت جوهرزدایی.....	
۹۰	شکل ۲-۵) اثر مستقل دور همزن بر قابلیت جوهرزدایی.....	
۹۱	شکل ۳-۵) اثر مستقل نوع کاغذ بر قابلیت جوهرزدایی.....	
۹۲	شکل ۴-۵) اثر مستقل زمان خمیر سازی بر قابلیت جوهرزدایی.....	
۹۴	شکل ۵-۵) اثر متقابل مقدار صابون و زمان خمیر سازی بر قابلیت جوهرزدایی.....	
۹۵	شکل ۶-۵) اثر متقابل نوع کاغذ و زمان خمیرسازی بر قابلیت جوهرزدایی.....	
۹۶	شکل ۷-۵) اثر متقابل مقدار صابون و دور همزن بر قابلیت جوهرزدایی.....	
۹۷	شکل ۸-۵) اثر متقابل دور همزن و نوع کاغذ بر قابلیت جوهرزدایی.....	
۹۷	شکل ۹-۵) اثر متقابل دور همزن و زمان خمیرسازی بر قابلیت جوهرزدایی.....	
۹۸	شکل ۱۰-۵) اثر متقابل مقدار صابون و نوع کاغذ بر قابلیت جوهرزدایی.....	

۱۰۰	.....شکل ۵-۱۱) تاثیر مستقل پارامترها بر روی درصد قابلیت جوهرزدایی روش CIELAB.....
۱۰۴	.....شکل ۵-۱۲) اثر مستقل مقدار صابون بر راندمان الیاف.....
۱۰۵	.....شکل ۵-۱۳) اثر مستقل دور همزن بر راندمان الیاف.....
۱۰۵	.....شکل ۵-۱۴) اثر مستقل نوع کاغذ باطله بر راندمان الیاف.....
۱۰۶	.....شکل ۵-۱۵) اثر مستقل زمان خمیر سازی بر راندمان الیاف.....
۱۰۹	.....شکل ۵-۱۶) تاثیر متقابل نوع کاغذ و زمان خمیر سازی روی راندمان الیاف.....
۱۰۹	.....شکل ۵-۱۷) تاثیر متقابل مقدار صابون و زمان خمیر سازی روی راندمان الیاف.....
۱۱۰	.....شکل ۵-۱۸) تاثیر متقابل مقدار صابون و نوع کاغذ روی راندمان الیاف.....
۱۱۱	.....شکل ۵-۱۹) تاثیر متقابل مقدار صابون و دور همزن روی راندمان الیاف.....
۱۱۱	.....شکل ۵-۲۰) تاثیر متقابل دور همزن و زمان خمیر سازی روی راندمان الیاف.....
۱۱۲	.....شکل ۵-۲۱) تاثیر متقابل نوع کاغذ و دور همزن روی راندمان الیاف.....

## فصل اول :

# کلیات

۱ - مقدمه

کاغذ را به زبان ساده می توان نرم ساختن و به شکل نمود در آوردن الیاف سلولزی دانست که این الیاف معمولاً از چوب یا سایر موادی که دارای سلولز هستند مانند تفاله نیشکر، ساقه گندم، کاه، کنف و غیره بدست می آید. کلمه کاغذ از نام چینی "کوکدز" مشتق گردیده و نام فارسی آن رخنده و پرزه بوده است. حدود هزار سال قبل از میلاد مسیح، مصریها از گیاه "پاپیروس" برای نوشتن استفاده می کردند. کلمه کاغذ که امروزه در زبان فارسی به کار برده می شود، از ریشه یونانی و مسبوق به همان عهد است. [۱]

کاغذ برای اولین بار توسط شخصی به نام تسی لون در حدود دو هزار سال قبل در چین تولید شد که در مقایسه با استانداردهای فعلی، ضخیم، خشن و به رنگ خاکستری بود. صنعت کاغذ سازی حدود ۵۰۰ سال در چین باقی ماند و در قرن هفتم به ژاپن رسید و در قرن هشتم میلادی توسط چینی ها به اعراب آموخته شد و پس از آن، از ایران به سایر کشور های خاورمیانه و آفریقا و ایتالیا و اسپانیا نفوذ پیدا کرد. اولین کارخانه کاغذ سازی در اسپانیا بر قرار گردید.

تحول اصلی در مورد پیدایش ماده خام زمانی صورت گرفت که شخصی فرانسوی به نام رنو در حدود ۳۰۰ سال پیش با کنجکاوی در مورد ماده سازنده لانه زنبور عسل دریافت که این لانه ها از کاغذ مرغوب خاکستری رنگ ساخته شده اند و سپس با مشاهده زنبورها که بر روی تنه پوسیده درختان نشسته و با چنگال خود آن را خراشیده و پس از نرم کردن آنها، با آب دهان خود لانه را می سازند، دریافت که کاغذ از الیاف گیاهان ساخته می شود. امروزه بیش از صد هزار محصول از کاغذ ساخته می شود. هر ساله بیش از ۴۱/۵ میلیون تن کاغذ روزنامه و بیش از ۲۵ میلیون تن کارتن در جهان ساخته می شود. کارتن برای بسته بندی مواد اولیه به کار می رود و بسیاری از محصولات غذایی خشک در کارتن نگهداری می شود. همچنین از کارتن در فرم اصلاح شده برای نگهداری شیر و آب میوه استفاده می شود. سالانه بیش از ۲۷ میلیون تن کاغذ بسته بندی و مقوای نازک در جهان ساخته می شود. مصرف کاغذ به عنوان یک ماده خام، با دیگر مواد خام مثل پلاستیک رقابت می کند.

مجموعه منسوجات بدون بافت، شامل دستمال کاغذی، حوله ها و محصولات بهداشتی یکی از چندین محصول کاغذ هستند که ظاهری بهتر از کاغذ و نیز وزن کمتری دارند. در هر سال تقریباً ۱۷/۵ میلیون تن منسوجات بدون بافت به صورت محصولات مختلف تولید می شود. تولید سالانه

کاغذ کیسه چای، فیلتر ها، اسکناس ها، کاغذ سیگار و دیگر موارد استفاده کاغذ بیش از ۱۱۳ میلیون تن تخمین زده شده است. [۲]

### ۴ ۱- ساختار شیمیایی کاغذ

برخلاف این تصور که تولید کاغذ اساساً یک فرآیند مکانیکی است، در این فرآیند، پدیده‌های شیمیایی نقش برجسته‌ای دارند. از تبدیل چوب به خمیر کاغذ گرفته تا تشکیل کاغذ، اصول شیمیایی دخالت آشکاری دارند. لیگنین زدایی از یک منبع گیاهی مناسب، معمولاً چوب، یک فرآیند شیمیایی ناهمگن است که در دما و فشار زیاد انجام می‌شود.

دامنه شیمی کاغذ، وسیع و جالب است که شامل مباحثی از قبیل شیمی کربوهیدراتها، رنگدانه‌های معدنی، رزینهای آلی طبیعی و سنتزی و افزودنی‌های پلیمری متعدد می‌باشد. در فرآیند تشکیل نیز تا حد زیادی شیمی کلوئید و شیمی سطح دخالت دارد. نقش پلیمر، شیمی محیط زیست و شیمی تجزیه را نیز نباید فراموش کرد.

مواد خام مورد استفاده برای کاغذ سازی فیبر های گیاهی هستند. فیبر ها لوله هایی بلند و تو خالی هستند که از سه بخش اصلی تشکیل شده اند: سلولز، همی سلولز و لیگنین.

از آنجا که کاغذ از یافنی ساخته می‌شود که قبلاً تحت تاثیر تیمارهای فیزیکی و شیمیایی قرار گرفته‌اند، سلولهای گیاهی حاصل، از ترکیب شیمیایی ثابتی نسبت به ساختار منابع گیاهی اولیه برخوردار نیستند. سلولهای گیاهی عمدتاً از پلیمرهای کربوهیدراتی آغشته شده به مقادیر مختلف لیگنین (یک ترکیب پلیمری آروماتیک که میزان آن با افزایش سن گیاه افزایش می‌یابد و در حین فرآیند لیگنینی شدن تولید می‌گردد) تشکیل شده‌اند. بخش کربوهیدراتی سلول بطور عمده از پلی ساکارید سلولز تشکیل شده است. بخشی از این ترکیبات شامل پلی ساکاریدهای غیر ساختمانی با وزن مولکولی کم به نام همی سلولز هستند، که نقش بسیار مهمی در خصوصیات خمیر و کاغذ دارند. به نظر می‌رسد که با توجه به نام همی سلولزها، این ترکیبات با سلولز ارتباط داشته باشند و به روش مشابهی با سلولز بیوسنتز شده باشند. اما در حال حاضر بخوبی مشخص شده است که این پلی ساکاریدها به روش متفاوتی بیوسنتز شده باشند و نقش ویژه‌ای در دیواره سلول گیاهان ایفا می‌کنند. علاوه بر این ترکیبات مهم، مقادیر کمی از مواد آلی قابل استخراج و مقادیر بسیار کمی از مواد معدنی نیز در دیواره سلولی یاف وجود دارد. [۳]

در جدول ۱-۱ ترکیب شیمیایی کاغذ ساخته از چوب سوزنی برگان و پهن برگان درج شده است.

جدول ۱-۱: ترکیب شیمیایی کاغذ [۳]

مواد عصاره‌ای و اندک (%)	لیگنین (%)	همی سلولزها (%)	سلولز (%)	
<۱۰	۲۵ تا ۳۵	۲۰	۴۰ تا ۴۵	سوزنی برگان
<۱۰	۱۷ تا ۲۵	۱۵ تا ۳۵	۴۰ تا ۴۵	پهن برگان

### ۱ ۴ - انواع کاغذ و ارتباط آنها با بازیافت

درجات مختلف کاغذ و مقوا از فرآیند های مختلف مکانیکی، نیمه شیمیایی و شیمیایی و از مواد خام لینگوسلولزی متفاوتی ساخته شده اند و لذا هر یک از درجات کاغذ خصوصیات ویژه ای دارند که در فرآیند بازیافت کاغذ باطله عکس العمل های متفاوتی از خود نشان می دهند.

در فرآیند مکانیکی تولید خمیر، چوب بدون استفاده از مواد شیمیایی و توسط ابزارها و عملیات مکانیکی و با حفظ تقریباً کل لیگنین، دفیبره شده و الیاف در اثر برخورد و تماس با ابزارهای مکانیکی بیشتر صدمه دیده و بریده می شوند و بطور متوسط طول الیاف در کاغذ مکانیکی کاهش می یابد. از نظر مقاومتی، کاغذ های مکانیکی دارای اتصال ضعیف تری بین الیاف بوده و الیاف دارای انعطاف پذیری کمی می باشند و در یک وزن مشخص دانسیته کاغذ پایین و میزان بالک<sup>۱</sup> آن بالا است و از نظر خصوصیات اپتیکی، ماتی کاغذ بالا و شفافیت آن ممکن است پایین تر باشد.

در صورتی که در فرآیند شیمیایی تولید خمیر، چوب تحت تاثیر مواد شیمیایی و حرارت قرار گرفته، نرم شده، لیگنین آن به مقدار زیادی خارج می شود و الیاف با کمترین نیروی مکانیکی و کمترین صدمه و بریده شدن از هم جدا می شوند و متوسط طول الیاف نیز در روش شیمیایی نسبت به روش مکانیکی بیشتر است. از نظر مقاومت، بواسطه انعطاف پذیری بیشتر الیاف و وجود اتصالات قوی بین الیاف، کاغذ شیمیایی محکم تر و دارای خصوصیات مقاومتری بالاتری می باشد و از نظر اپتیکی نیز

<sup>۱</sup> بالک کاغذ در واقع عکس دانسیته کاغذ است و عبارت است از نسبت حجم کاغذ به وزن آن که با واحد (cm<sup>3</sup>/gr) نشان داده می شود.

کاغذ های شیمیایی در صورت سفید سازی می توانند به درصد شفافیت پایدار و بسیار بالایی برسند ولی این نوع کاغذها دارای ماتی پایینی می باشند.

در فرآیند بازیابی برای تولید کاغذی با شفافیت بالا استفاده از کاغذ های شیمیایی سفید شده مناسبتر است، چون کاغذ های شیمیایی در صورتیکه جوهرزدایی شوند دارای شفافیت بالایی می باشند و حال آنکه در حالت کاغذهای مکانیکی علاوه بر جوهرزدایی، سفیدسازی نیز جهت تامین شفافیت بالا باید انجام گیرد.

بعلاوه کاغذهای حاصل از کاغذهای باطله شیمیایی دارای خواص مقاومتی بهتری نسبت به کاغذهای حاصل از کاغذ های باطله مکانیکی می باشند.

در یک کاغذ معین و با ضخامت تقریبا ثابت، اگر گراماژها متفاوت باشند، کاغذی که گراماژ پایین تری دارد (دانسسته کمتر) آسانتر و با انرژی کمتری دفیبره می گردد و خسارات کمتری به الیاف وارد شده و در نتیجه کاغذ نهایی نیز کیفیت بهتری خواهد داشت [۱].

### ۱-۴ - جوهر های چاپ

جوهر های چاپ رنگی بوده و یک سوسپانسیون ویسکوز تا نیمه جامد می باشند. سطوح مورد نظر جهت چاپ عبارتند از:

فلزات (شامل قوطی های کنسرو، فویل های آلومینیومی و...)، پلیمر ها (شامل پلی اتیلن، پلی پروپیلن، پلی وینیل کلراید و...)، شیشه، کاغذ و پارچه و غیره.

به طور کلی فرآیند چاپ، تولید تصاویر بوسیله جوهر روی سطوح مورد نظر می باشد. فرآیند چاپ اهداف فراوانی را دنبال می کند. مهمترین آنها عبارتند از پیام رسانی و تزئین.

اساسا دو نوع جوهر وجود دارد: جوهر با پایه روغن و جوهر با پایه آب. هر یک از این دو نوع جوهر ویژگیهای خاص خود را دارند که در جدول ۱-۲ به آنها اشاره شده است. [۴]

جدول ۱-۲- خصوصیات جوهر های با پایه آب و پایه روغن [۴]

جوهر پایه روغنی	جوهر پایه آبی
-----------------	---------------



<p>آبگریز است.</p> <p>به سختی از کاغذ جدا می شود.</p> <p>به سختی با شستشو از بین می رود.</p> <p>آب شستشو <u>محیط زیست</u> را آلوده می کند.</p> <p>میانگین اندازه ذرات آن ۵ تا ۱۰ <math>\mu\text{m}</math> است.</p> <p>مناسب برای فرآیند <u>شناورسازی</u> می باشد.</p>	<p>آبدوست است .</p> <p>به سادگی از کاغذ جدا می شود.</p> <p>به سادگی با شستشو از بین می رود.</p> <p>آب شستشو <u>محیط زیست</u> را آلوده نمی کند.</p> <p>میانگین اندازه ذرات آن از ۱ <math>\mu\text{m}</math> کوچکتر است .</p> <p>مناسب برای فرآیند <u>شستشو</u> می باشد.</p>
---	--

## ۱-۴ ساختار جوهرهای چاپ

ساختار جوهرها بطورکلی از دو جزء اساسی شامل ماده رنگی یا پیگمنت<sup>۱</sup> و ناقل یا حامل<sup>۲</sup> تشکیل شده است:

۱- ماده رنگی یا پیگمنت: برای نمایان شدن جوهر بر روی کاغذ بکار می رود. پیگمنت علاوه بر ایجاد رنگ و ماتی برای جوهر در آزاد شدن بدنه و میل به خصوصیت جاری شدن آن نیز اهمیت دارد. پیگمنتها با انواع رنگها وجود دارند که رنگ سیاه معمولترین آنها می باشد. فرمول شیمیایی پیگمنتهای رنگی متفاوت است و ساده ترین آنها پیگمنت سیاه بوده که عامل آن کربن سیاه<sup>۳</sup> می باشد و جداسازی آن نیز آسانتر است.

۲- ناقل یا حامل: پیگمنت را در خود حل و آن را حمل می کند. ناقل در انتقال پیگمنت یا رنگ بر روی کاغذ و چسبیدن و همچنین در نفوذ آن بداخل کاغذ کمک می کند. ناقلها عموماً از نوع روغنهای گیاهی<sup>۴</sup>، تقطیرهای معدنی<sup>۵</sup>، رزینها (طبیعی و مصنوعی)<sup>۶</sup>، پلاستیکها<sup>۷</sup>، محلولهای فرار<sup>۸</sup> می باشند.

جوهرهای چاپ همچنین می توانند محتوی چند ترکیب دیگر شامل نفوذ کننده ها<sup>۹</sup>، خشک کننده ها<sup>۱۰</sup>، عوامل مرطوب کننده<sup>۱</sup>، حل کننده ها<sup>۲</sup>، و واکس ها<sup>۳</sup> نیز می باشند. انتخاب جوهر با توجه به نوع نوع کاغذ، فرآیند چاپ، سیستم خشک کردن و کاربرد نهایی کاغذ تعیین می گردد. [۴]

<sup>1</sup> Pigment

<sup>2</sup> Vehicle

<sup>3</sup> Carbon black

<sup>4</sup> Vegetable oils

<sup>5</sup> Mineral distillates

<sup>6</sup> Resin(natural&synthetic)

<sup>7</sup>Plastics

<sup>8</sup> Volatile solvent

<sup>9</sup> Binders

<sup>10</sup> Dryers

## ۱-۴-۴ ویژگی های جوهر های چاپ

مجموعاً جوهر را بر اساس خصوصیات زیر دسته بندی می کنند:

### ۱-۴-۲-۱- خواص بصری

منظور از خواص بصری چیزی است که به عنوان رنگ<sup>۴</sup> بیان می شود. شفافیت یا ماتی و براقیت مرکب تا حدود زیادی به مقدار و نوع پیگمنت بستگی دارد.

### ۱-۴-۲-۲- رنگ جوهر

رنگ جوهر مقوله پیچیده ای است و با سه خصوصیت عمده معرفی می شود. اول فام رنگ<sup>۵</sup>، که اسم رنگ را بیان می کند (مثل سیاه، قرمز...)، دوم مایه<sup>۶</sup> که تیرگی یا روشنی رنگ را تعیین می کند (مثل قرمز روشن...) و مایه رنگ با افزودن رنگ سفید یا مشکی تغییر می کند، سوم کروما<sup>۷</sup> که بیانگر درجه اشباع یا خلوص آن می باشد. عوامل متعددی مانند ساختمان شیمیایی پیگمنت، اندازه ذرات جوهر، خصوصیات سطح چاپ شونده و مقدار پیگمنت موجود در جوهر بر روی رنگ جوهر تاثیر اساسی دارند.

### ۱-۴-۲-۳- شفافیت جوهر

برای دستیابی به کیفیت مطلوب، جوهر ها باید دارای درجات مختلف شفافیت باشند. از مهمترین عوامل موثر بر روی شفافیت جوهر، انتخاب نوع پیگمنت و میزان پراکندگی آن می باشند.

### ۱-۴-۲-۴- براق بودن جوهر

براق بودن جوهر چاپ، قابلیت انعکاس نور تابیده شده را تعیین می کند و بستگی زیاد به یک دست بودن لایه جوهر روی سطح چاپ شونده دارد. یعنی جوهر براق قادر است ناهماهنگی های سطح چاپ شونده را بپوشاند و سطح صیقلی بوجود آورد. اگر جوهر بداخل سطح چاپ شونده نفوذ کند براق نخواهد بود. میزان براق بودن بستگی به نوع پیگمنت و اندازه ذرات آن، شکل و سطح چاپ شونده، مقدار رزین و قابلیت تشکیل لایه یک دست جوهر دارد. انتخاب حلال مناسب (از نظر

<sup>1</sup> Wetting agents

<sup>2</sup> Solvents

<sup>3</sup> Waxes

<sup>4</sup> Colour

<sup>5</sup> Hue

<sup>6</sup> Value

<sup>7</sup> Chroma

مرغوبیت و خصوصیات خشک کردن) و افزودنی‌هایی نظیر نرم کننده‌ها اهمیت زیادی در برایت جواهر دارند.

### ۱-۴-۲-۵- چسبندگی جواهر های چاپ

یکی از عملکرد های اساسی جواهر این است که ماده رنگی را به سطح چاپ شونده می چسباند. اگر پیگمنت جواهر به اندازه کافی توسط حامل احاطه نشده باشد به علت پراکندگی ضعیف، جواهر چسبندگی خوبی نخواهد داشت. خاصیت چسبندگی جواهر تا حدود زیادی به نوع رزین بکار رفته بستگی دارد. بطور کلی عواملی مانند درجه نفوذ جواهر، قابلیت لایه شدن رزین، میل ترکیبی مولکولهای آن با سطح چاپ شونده و حلال هایی که به منظور نرم کردن سطح چاپ شونده بکار می روند، می توانند بر روی خاصیت چسبندگی جواهر تاثیر زیادی داشته باشند.

### ۱-۴-۲-۶- خواص مقاومتی جواهر های چاپ

جواهر ها باید در برابر صدمات فیزیکی و شیمیایی مقاومت داشته باشند. این خاصیت باید تا پایان عمر ماده چاپ شونده دوام داشته باشد. ابتدا مواد خام باید فرآیند ساخت جواهر را طی کنند و سپس جواهر ساخته شده باید تحمل عملیات چاپ را داشته باشد. بعنوان مثال اگر جواهر در سیستم چاپ افست بکار گرفته می شود، در این صورت باید تمام خصوصیات آن با شرایط چاپ منطبق باشد. بطور کلی جواهر ها باید در مقابل عواملی مانند تابش نور، حرارت، سایش و عوامل جوی مقاوم باشند. [۴]

بطور کلی جواهر های چاپ باید چند نیاز عمده به شرح زیر را برآورده سازند.

- تباین بسیار خوب روی کاغذ
- سازگاری جواهر با روشهای چاپ پیش بینی شده
- دارا بودن خصوصیات خوب و مناسب در خشک شدن
- پایدار ماندن با یکبار مصرف

### ۱-۴-۳- فرایندهای چاپ

در این بخش فرایندهای اصلی چاپ به همراه جواهر مورد استفاده و روش های خشک کردن جواهر روی کاغذ مرور شده است. سیستم های چاپ به دو دسته متداول ( فشاری یا تماسی) واداری (غیر فشاری) تقسیم می شوند. دسته اول شامل چاپ لتر پرس، افست، فلسکو و ..... می باشد که معمولاً در چاپ روزنامه و مجله به کار می رود. دسته دوم شامل چاپ های زیراکس، لیزری و حرارتی می

باشد که در چاپ های اداری مورد استفاده قرار می گیرند. این دو دسته چاپ نه تنها در روش بلکه در نرخ جوهر های مورد استفاده برای چاپ نیز با هم متفاوتند. [۵]

### ۱-۳-۴-۱- سیستم های چاپ فشاری

در این سیستم ها از تماس مستقیم بین کاغذ و صفحه حامل جوهر استفاده می شود. در این بخش سیستم هایی از این نوع و ساختار جوهر بکار رفته در آن به اختصار تشریح شده است:

#### ۱-۳-۴-۱-۱- چاپ لتر پرس<sup>۱</sup>

این روش اولین فرایند چاپ بوده است و تا سال ۱۹۷۵ توسعه یافت. سپس تا حدودی با دیگر روش ها از جمله لیتوگرافی و فلکسوگرافی جایگزین شد. امروزه این روش هنوز هم یکی از متدهای متداول برای چاپ روزنامه، مجله و کاغذهای بسته بندی کرافت به شمار می آید.

جوهر مورد استفاده در چاپ لتر پرس دارای ویسکوزیته بالا بوده و پیگمنت آن از نوع کربن سیاه (۱۴-۱۰٪) و ناقل آن از نوع روغنی (۸۸-۸۰٪) است. فرایند چاپ با فشار نسبتاً زیاد جوهر روی کاغذ همراه است که سبب رسوخ به درون فیبر می شود. برای داشتن براقیت مناسب در جوهر، رزین و حلال (۳-۰٪) و دیگر مواد افزودنی (۵-۲٪) را در فرمولاسیون آن به کار می برند.

#### ۱-۳-۴-۱-۲- چاپ افست لیتوگرافی<sup>۲</sup>

اساس این روش بر تر شدن یک صفحه چاپگر شامل دو بخش اولئو فیل تصویر (آبگریز) و بخش آبدوست غیر تصویر استوار است. سطح تصویر روی صفحه جوهر پذیر بوده و دیگر قسمت های تر شده دافع جوهر است. پس از جوهر دار شدن صفحه، با یک پوشش تماس و فشار داده می شود و در اثر این فشار پوشش تصویر را به روی کاغذ منتقل می کند. از این روش در چاپ تصاویر، روزنامه و مجله، کتاب و کارهای هنری کاربرد زیادی دارد.

جوهر مورد استفاده در چاپ افست دارای پیگمنت های غیر قابل حل در آب و ناقل روغنی است. تشکیل امولسیون های آب در روغن و روغن در آب و برقراری تعادل بین این دو سیستم یک مسأله بوده و بر کیفیت چاپ تأثیر می گذارد.

#### ۱-۳-۴-۱-۳- چاپ فلکسوگرافی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> Letter press printing

<sup>۲</sup> Lithography printing

<sup>۳</sup> Flexography printing