بسم الله الرحمن الرحيم

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و

نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه

متعلق به دانشگاه رازی است.

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی شیمی

گرایش طراحی فرآیند

عنوان پایان نامه

مقایسه عملکرد راکتور ستونی حبابی و راکتور ایرلیفت در جوهرزدایی از کاغذ باطله

استاد راهنما:

دکترجمشید بهین

نگارش:

مهرک ضیغمی

فروردین ماه ۱۳۸۹

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی شیمی

گرایش طراحی فرآیند

نام دانشجو: مهرک ضیغمی

تحت عنوان

مقایسه عملکرد راکتور ستونی حبابی و راکتور ایرلیفت در جوهرزدایی از کاغذ باطله

در تاریخ ..... توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه ..... به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنما	دکتر جمشید بهین	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء .....
۲- استاد داور داخل گروه	دکتر فرشاد رحیم پور	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء .....
۳- استاد داور خارج از گروه	دکتر عبدالرضا مقدسی	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء .....

تقدیر و سپاسگزاری

اکنون که با یاری خداوند این پایان‌نامه به اتمام رسیده است، بدینوسیله صمیمانه ترین مراتب قدردانی خود را حضور استاد بزرگوارم جناب آقای **دکتر جمشید بهین** که با راهنمایی های دلسوزانه ی خود و با سعه ی صدر و تلاشی خستگی ناپذیر درطول انجام این پروژه یاری رسان من بودند و در انجام فاز عملیاتی پروژه نیز کمال همکاری و مساعدت را داشتند، تقدیم می دارم.

پیشکشی ناچیز به پدرم و مادرم؛

آنان که همواره بهترین را برایم خواستند،

ساختند و

خود بهترینند.

چکیده

در این تحقیق، در یک سری آزمایش مقدماتی پارامترهای هیدرودینامیکی اختلاط در راکتور ستونی حبابی و راکتور ایرلیفت با چرخه داخلی ، با تغییر در سرعت ظاهری گاز، مورد بررسی قرار گرفته است. حجم عملیاتی، قطر و همچنین نوع توزیع کننده گاز دو راکتور با یکدیگر مشابه است. روش تزریق ردیاب و پاسخ ضربان برای یافتن زمان اختلاط بکار گرفته شده است. با افزایش سرعت ظاهری گاز رژیم جریان مایع به رژیم پلاگ نزدیک می شود. زمان اختلاط مایع با افزایش سرعت ظاهری گاز با یک رابطه توانی کاهش می یابد. نتایج نشانگر زمان اختلاط کمتر برای راکتور ایرلیفت در مقایسه با راکتور ستونی حبابی است یعنی اختلاط در راکتور ایرلیفت سریعتر از راکتور ستونی حبابی می باشد. روند افزایشی سرعت چرخش مایع با افزایش سرعت ظاهری گاز مشاهده می شود. استفاده از راکتور ایرلیفت به جای راکتور ستونی حبابی باعث کاهش زمان اختلاطی در حدود ۵۰ ٪ در دبی های پایین می شود.

سپس بازده جوهرزدایی از کاغذهای باطله، در راکتور ستونی حبابی و راکتور ایرلیفت با چرخه داخلی، مورد بررسی قرار گرفته است. فاکتور روشنایی کاغذ حاصله و تعداد لکه‌های جوهر باقیمانده به عنوان مبنای سنجش بازده جوهرزدایی استفاده شده است. مقادیر روشنایی بالاتری در راکتور ایرلیفت نسبت به راکتور ستونی حبابی بدست آمده است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : بازیافت کاغذهای باطله به روش شناورسازی	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- اهمیت بازیافت کاغذهای باطله	۲
۱-۳- مراحل بازیافت کاغذهای باطله	۴
۱-۳-۱- مرحله ی خمیر سازی	۵
۱-۳-۲- مرحله ی جوهرزدایی	۷
۱-۴- تاریخچه شناورسازی	۱۱
۱-۵- کاربرد شناورسازی	۱۲
۱-۶- فازهای شناورسازی	۱۳
۱-۷- برهمکنش‌های حباب و ذره	۱۴
۱-۸- پایداری حباب - ذره	۱۶
۱-۹- کف شناورسازی	۱۶
۱-۱۰- مواد شیمیایی مورد استفاده در فرایند شناورسازی	۱۷
۱-۱۰-۱- جمع‌کننده‌ها	۱۷
۱-۱۰-۲- کفسازها یا توده‌سازها	۱۸
۱-۱۰-۳- اصلاح‌کننده‌ها یا بهبوددهنده‌ها	۲۰
۱-۱۱- انواع ماشین‌های شناورسازی	۲۶
۱-۱۱-۱- ماشین‌های مکانیکی	۲۶
۱-۱۱-۲- ماشین‌های هوایی	۲۸
۱-۱۱-۳- ماشین‌های با روش‌های پیشرفته	۳۰
۱-۱۲- سینتیک شناورسازی	۳۱
۱-۱۳- فرآیند های چاپ و استراتژیهای جوهرزدایی	۴۱
فصل دوم : راکتورهای ایرلیفت	۴۴
۲-۱- راکتورهای ایرلیفت	۴۵
۲-۲- ساختار و عملکرد راکتورهای ایرلیفت	۴۶
۲-۲-۱- راکتورهای ایرلیفت با چرخه داخلی	۴۷
۲-۲-۲- راکتورهای ایرلیفت با چرخه خارجی	۴۷
۲-۳- کاربرد راکتورهای ایرلیفت	۴۸
۲-۴- مزایای استفاده از راکتورهای ایرلیفت	۴۹
۲-۵- معایب استفاده از راکتورهای ایرلیفت	۴۹
۲-۶- زمان اختلاط مایع	۴۹
۲-۷- زمان چرخش مایع	۵۰
۲-۸- ارتباط زمان اختلاط با زمان چرخش مایع	۵۰
۲-۹- اندازه‌گیری زمان های اختلاط و چرخش مایع	۵۱

۲-۱۰- سرعت چرخش مایع ۵۲
فصل سوم : سوابق تحقیق ۵۴
۳-۱- مطالعات انجام گرفته شده بر روی سلول های شناورسازی مورد استفاده در جوهرزدایی ۵۵
۳-۲- اهداف تحقیق ۷۰
فصل چهارم : بخش تجربی و روش‌های آزمایش ۷۱
۴-۱- مقایسه پارامترهای هیدرودینامیکی راکتور ستونی حبابی و راکتور ایرلیفت با استفاده از روش تزریق ردیاب ۷۲
۴-۱-۱- تجهیزات مورد استفاده ۷۲
۴-۱-۲- نحوه انجام آزمایشات ۷۴
۴-۲- مقایسه عملکرد راکتورهای ستونی حبابی و ایرلیفت در جوهرزدایی از کاغذهای باطله ۷۵
۴-۲-۱- انتخاب و آماده‌سازی کاغذ باطله ۷۵
۴-۲-۲- تعیین درصد رطوبت کاغذ ۷۵
۴-۲-۳- نمونه‌برداری ۷۵
۴-۲-۴- مرحله خمیرسازی ۷۶
۴-۲-۵- شستشوی خمیر (الیاف) ۷۷
۴-۲-۶- آماده‌سازی مواد شیمیایی برای فرایند شناورسازی ۷۷
۴-۲-۷- نحوه انجام فرایند شناورسازی ۷۸
۴-۲-۸- شرایط عملیاتی آزمایشات جوهرزدایی از کاغذهای باطله ۷۹
۴-۲-۹- ساخت کاغذ دست‌ساز ۸۰
۴-۲-۱۰- تعیین خصوصیات کاغذ حاصل ۸۱
فصل پنجم : بحث و بررسی نتایج ۸۴
۵-۱- نتایج حاصل از مقایسه پارامترهای هیدرودینامیکی راکتورهای ستونی حبابی و ایرلیفت ۸۵
۵-۱-۱- بررسی پاسخ ردیاب بر حسب زمان در دبی های مختلف گاز ورودی ۸۵
۵-۱-۲- بررسی اثر سرعت ظاهری گاز بر زمان اختلاط مایع ۸۶
۵-۱-۳- بررسی اثر سرعت ظاهری گاز بر زمان چرخش مایع در راکتور ایرلیفت ۸۸
۵-۱-۴- بررسی اثر سرعت ظاهری گاز بر زمان اختلاط بدون بعد در راکتور ایرلیفت ۸۹
۵-۱-۵- بررسی اثر سرعت ظاهری گاز بر سرعت چرخش مایع ۸۹
۵-۱-۶- میزان کاهش نسبی زمان اختلاط در استفاده از راکتور ایرلیفت به جای راکتور ستونی حبابی ۹۰
۵-۲- نتایج حاصل از عملکرد راکتورهای ستونی حبابی و ایرلیفت در جوهرزدایی ۹۱
۵-۲-۱- اثر بکارگیری پراکنده سازها بر روی یک مرحله خمیرسازی تنها ۹۱
۵-۲-۲- اثر بکارگیری راکتورهای ستونی حبابی و ایرلیفت در مرحله شناورسازی ۹۱
نتیجه گیری ۹۷
منابع ۹۹

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: حد بهینه اندازه ذرات جوهر و روش مناسب جوهرزدایی آنها ۹
شکل ۱-۲: فرایند پیوستن حباب و ذره در سلول شناورسازی نمونه ۱۰
شکل ۱-۳: تماس سه فاز جامد، مایع و گاز ۱۴
شکل ۱-۴: مکانیزم کفساز ۱۹
شکل ۱-۵: بخش عرضی نوعی کف ۲۰
شکل ۱-۶: مجموعه‌ای از عوامل فعال سطحی در جوهرزدایی ۲۲
شکل ۱-۷: مکانیزم فرایند شناورسازی با استفاده از صابون ۲۳
شکل ۱-۸: مکانیزم بهبود جوهرزدایی با شناورسازی توسط صابون‌های کلسیمی ۲۵
شکل ۱-۹: انواع سلول‌های مکانیکی ۲۷
شکل ۱-۱۰: سلول داوکرا ۲۸
شکل ۱-۱۱: ستون شناورسازی ۲۹
شکل ۱-۱۲: مقایسه ماشین‌های هوایی و مکانیکی ۳۰
شکل ۱-۱۳: تابعیت فلاکس سطحی حباب با سرعت ظاهری ۳۵
شکل ۱-۱۴: سرعت صعود حباب‌ها بر حسب قطر حباب‌ها ۳۶
شکل ۱-۱۵: فلاکس سطحی حباب و ماندگی گاز در جوهرزدایی ۳۷
شکل ۱-۱۶: ماندگی هوا وثابت سرعت شناورسازی ۳۸
شکل ۱-۱۷: ثابت سرعت شناورسازی ذرات جوهر بر حسب اندازه ذرات و سرعت‌های مختلف همزن ۳۹
شکل ۲-۱: راکتورهای ایرلیفت :(a) راکتور ایرلیفت داخلی لوله‌ای (b) راکتور ایرلیفت داخلی تیغه‌ای (c) راکتور ایرلیفت خارجی ۴۷
شکل ۲-۲:شکل کلی منحنی پاسخ حسگرهای هدایت الکتریکی به یک ضربان ردیاب ۵۱
شکل ۲-۳: نمونه پاسخ به یک ضربان ورودی ردیاب :(a) راکتور ایرلیفت (b) راکتور حبابی ۵۲
شکل ۳-۱: مقطع عرضی سلول Eco ۵۶
شکل ۳-۲: سلول MAC ۵۷
شکل ۳-۳: سلول IIM-BC Flotator ۵۸
شکل ۳-۴: سلول PDM ۵۹
شکل ۳-۵: سلول GSC ۶۰
شکل ۳-۶: سلول Spidercel ۶۱
شکل ۳-۷: سلول شناورسازی ستونی ۶۲
شکل ۳-۸: شماتیک سیستم تأمین گاز ستون شناورسازی ۶۳
شکل ۳-۹: تصویر چرخه جریان جوهرزدایی با شناورسازی ۶۴
شکل ۳-۱۰: ERIC و روشنایی ISO مربوط به ورق ساخته شده از خمیر جوهرزدایی شده روزنامه های قدیمی در زمان های متفاوت با استفاده از چرخه جریان شناورسازی ۶۵
شکل ۳-۱۱: تراکم و قطر لکه ها برای ورق ها ۶۵

شکل ۳-۱۲: جداسازی لکه ها به عنوان تابعی از مدت شناورسازی برای سرعت های مختلف سیال و کسر حجمی های متفاوت از هوا ۶۶
شکل ۳-۱۳: تغییر بازده شناورسازی با نسبت هوا و اندازه حباب ۶۷
شکل ۳-۱۴: واحد ناپیوسته شناورسازی با استفاده از انحلال گاز ۶۸
شکل ۳-۱۵: واحد ناپیوسته شناورسازی با وارد کردن حباب هوا ۶۸
شکل ۳-۱۶: طرح کلی ستون شناورسازی مورد استفاده ۶۹
شکل ۴-۱: تصویر شماتیکی از راکتور ستونی حبابی ۷۳
شکل ۴-۲: تصویر شماتیکی از راکتور ایرلیفت با حلقه داخلی ۷۳
شکل ۴-۳: سیستم خلا مورد استفاده در ساخت کاغذ ۸۱
شکل ۵-۱: پاسخ ردیاب در ۳ دبی مختلف از گاز ورودی بر حسب زمان در راکتور ستونی حبابی ۸۵
شکل ۵-۲: پاسخ ردیاب در ۳ دبی مختلف از گاز ورودی بر حسب زمان در راکتور ایرلیفت ۸۶
شکل ۵-۳: اثر سرعت ظاهری گاز بر زمان اختلاط مایع در راکتور ستونی حبابی ۸۷
شکل ۵-۴: اثر سرعت ظاهری گاز بر زمان اختلاط مایع در راکتور ایرلیفت ۸۷
شکل ۵-۵: اثر سرعت ظاهری گاز بر زمان چرخش مایع در راکتور ایرلیفت ۸۸
شکل ۵-۶: اثر سرعت ظاهری گاز بر زمان اختلاط بدون بعد در راکتور ایرلیفت ۸۹
شکل ۵-۷: سرعت چرخش مایع بر حسب تابعی از سرعت ظاهری گاز ورودی ۹۰
شکل ۵-۸: اثر تغییر در سرعت ظاهری گاز (دبی گاز) بر روی روشنایی در راکتور ستونی حبابی ۹۳
شکل ۵-۹: اثر تغییر در سرعت ظاهری گاز (دبی گاز) بر روی روشنایی در راکتور ایرلیفت ۹۳
شکل ۵-۱۰: اثر تغییر در سرعت ظاهری گاز (دبی گاز) بر روی تعداد ذرات جوهر در راکتور ستونی حبابی ۹۴
شکل ۵-۱۱: : اثر تغییر در سرعت ظاهری گاز (دبی گاز) بر روی تعداد ذرات جوهر در راکتور ایرلیفت ۹۴
شکل ۵-۱۲: اثر تغییر در مدت زمان شناورسازی بر روی روشنایی در راکتور ستونی حبابی ۹۵
شکل ۵-۱۳: اثر تغییر در مدت زمان شناورسازی بر روی روشنایی در راکتور ایرلیفت ۹۵
شکل ۵-۱۴: اثر تغییر در مدت زمان شناورسازی بر روی تعداد ذرات جوهر در راکتور ستونی حبابی ۹۶
شکل ۵-۱۵: اثر تغییر در مدت زمان شناورسازی بر روی تعداد ذرات جوهر در راکتور ایرلیفت ۹۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱: سرعت بهره‌گیری و استفاده از کاغذهای باطله ۴

جدول ۱-۲: اثر افزایش دما بر مدت زمان خمیرسازی ۶

جدول ۱-۳ : اثر متغیرهای خمیرسازی ۶

جدول ۱-۴: مزایا و معایب دو روش جوهرزدایی شستشو و شناورسازی ۱۰

جدول ۳-۱ : تاریخچه ی سلول های شناورسازی مورد استفاده در جوهرزدایی ۵۵

جدول ۴-۱: رابطه $F(\lambda)$ و λ ۸۲

جدول ۵-۱: نتایج حاصل از کاهش نسبی زمان اختلاط در دبی های مختلف گاز ۹۰

جدول ۵-۲: نتایج حاصل از بکارگیری پراکنده سازها بر روی یک مرحله خمیرسازی تنها ۹۱

جدول ۵-۳: اثر نوع راکتور و سرعت ظاهری گاز استفاده شده در مرحله شناورسازی ۹۲

فصل اول

بازیافت کاغذهای باطله به روش شناورسازی

فصل اول

بازیافت کاغذهای باطله به روش شناورسازی

۱-۱- مقدمه

تولید روزافزون زباله از جمله کاغذ و مقوا و دفع غیراصولی آن به محیط زیست بدون توجه به مقوله بازیافت، علاوه بر هدر دادن سرمایه های ملی باعث از بین رفتن منابع طبیعی می شود. از کل کاغذ و مقوای مصرفی تقریباً ۸۰ درصد آن قابل بازیافت و استفاده مجدد است.

کاغذ و مقواهای قابل بازیافت موجود در زباله های شهری عموماً شامل روزنامه، کتاب، مجله، کاغذهای چاپی، تبلیغاتی و تجاری، مکاتبات اداری، کاغذهای پرینت، مقوا و کاغذهای بسته بندی می باشد.

این اجزا اغلب به صورت مخلوط با زباله های تر جمع آوری شده و قابلیت خود را برای بازیافت از دست می دهند. از این رو مقرون به صرفه ترین و بهداشتی ترین شیوه جهت بازیافت کاغذ و مقوا از زباله های شهری تفکیک زباله های تر و خشک از مبداء تولید می باشد [۱].

۱-۲- اهمیت بازیافت کاغذ های باطله

از مزایای بازیافت کاغذ و مقوا از زباله های شهری می توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف- بازیافت هر تن کاغذ باطله از قطع ۱۷ اصله درخت جنگلی جلوگیری می کند.

ب- درکارخانه هایی که از کاغذ بازیافتی برای تولید کاغذ استفاده می شود میزان انرژی مصرفی ۴۰ درصد کمتر از کارخانه هایی است که از الوار استفاده می کنند .برای تولید یک تن کاغذ از الوار تازه معادل GJ ۲۰ انرژی موردنیاز است.

ج- برای تولید یک تن کاغذ از الوار تازه به ۳۰۰۰۰۰ لیتر آب نیاز می باشد که در صورت استفاده از کاغذ بازیافتی این میزان ۶۰ درصد کاهش می یابد.

د- در محل دفن کاغذ و مقوا گاز متان تولید می شود که در شمارگازهای گلخانه ای قراردارد و با پدیده گرمایش جهانی در ارتباط است .همچنین کاهش حمل و نقل ناشی از بازیافت باعث کاهش مصرف سوختهای فسیلی و کاهش انتشار دی اکسید کربن در جو می شود.

ذ- ایجاد اشتغال (در قالب ایجاد کارگاههای جمع آوری، خرید و فروش، توزیع و استفاده از کاغذ و مقوای بازیافتی).

ر- حفظ سرمایه و منابع از طریق جلوگیری از واردات و ایجاد درآمد حاصل از فروش مواد بازیافتی.

ز- کاهش حجم زباله وبالتبع آن تاثیر روی سایر مراحل مدیریت مواد زائد جامد از جمله کاهش هزینه های جمع آوری، حمل و نقل ودفع زباله[۱].

بر اساس نتایج آنالیز فیزیکی زباله های شهری در ایران به طور متوسط حدود ۱۰/۹ درصد از این زباله ها را کاغذ ومقوا تشکیل می دهد. تحقیقات انجام شده در کشور نشان می دهد که فقط با بازیافت ۲۵ درصد کاغذ و مقوای موجود در زباله های تولیدی می توان سالانه ۱۰۰هزار تن کاغذ بازیافتی بدست آورد این فعالیت به مفهوم تداوم حیات ۱۷۰۰۰۰۰ اصله درخت در سال است. مطالعات انجام شده در دانمارک نشان می دهد که بازیافت کاغذ و مقوا، نسبت به دفن یا سوزاندن آن به دلیل کاهش انتشار آلاینده های هوا، از نظر زیست محیطی بهترین گزینه می باشد. مطالعات انجام شده دراروپای غربی نشان داد که بازیافت کاغذ ۶۰ درصد کمتر از دفن آن باعث انتشار دی اکسید کربن در جو می شود. با توجه به مزایای اقتصادی و زیست محیطی بازیافت کاغذ ومقوا، کمیسیون اتحادیه اروپا توصیه اکید دارد که بازیافت و استفاده مجدد از کاغذ ومقواهای استفاده شده، بر دفن یا سوزاندن آنها ارجح است[۱].

با افزایش تقاضای عموم برای استفاده از کاغذهای بازیافتی[1]، نیاز به جوهرزدایی از انواع مختلف کاغذ افزایش می‌یابد [۲]. افزایش میزان مصرف کاغذهای باطله از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ میلادی در جدول (۱-۱) آورده شده است، این آمار مربوط به اروپای غربی و برای هفت کشور بلژیک، دانمارک، فرانسه، آلمان، ایتالیا، ایرلند، لوگزامبورگ، نیوزیلند و انگلستان ارائه شده است. با توجه به جدول (۱-۱) روند استفاده از کاغذهای باطله خطی است. دلیل اصلی استفاده از کاغذهای باطله مسائل اقتصادی است. بنابراین کاهش آلودگی‌ها، به عنوان یکی از پارامترهای مؤثر در صنعت، ضرورت بازیافت کاغذهای باطله را به همراه دارد [۳].

[1] Recycled paper

جدول ۱-۱: سرعت بهره‌گیری و استفاده از کاغذهای باطله

سال (میلادی)	سرعت استفاده (٪)	کل مصرف کاغذ باطله (تن در سال)	کل تولید کاغذ و مقوا (تن در سال)
۱۹۵۰	۲۷/۱	۱/۹	۷
۱۹۶۰	۳۱/۶	۴/۲	۱۳/۳
۱۹۷۰	۳۷/۲	۷/۷	۲۰/۷
۱۹۸۰	۴۳/۴	۱۰/۵	۲۴/۲
۱۹۹۰	۴۹/۹	۱۶/۸	۳۳/۷
۱۹۹۲	۵۲/۰	۱۸/۵	۳۵/۵
۲۰۰۰	۵۶/۰	۱۹/۹	۳۸/۲

۱-۳- مراحل بازیافت کاغذهای باطله

فرایند بازیافت کاغذهای باطله شامل چهار مرحله بنیادین زیر است [۳].

- خمیرسازی کاغذهای باطله که شامل جداسازی الیاف (فیبرزدایی) و پراکندگی جوهر و سایر آلودگی‌ها در مایع است.
- جوهرزدایی از خمیر و دفع ذرات جوهر پراکنده از خمیر.
- سفیدسازی خمیر جوهرزدایی شده.
- تصفیه جریان خروجی.

هنگامی که کاغذهای چاپ شده دوباره خمیر می‌شوند، جوهر در اندازه‌های مختلف شکسته شده و به صورت سوسپانسیون در خمیر مایع قرار می‌گیرد. جوهرزدایی، جداسازی این ذرات از الیاف است و در حالت ایده‌آل هیچ اتلاف فیبری را به همراه ندارد. الیاف ریز بازیافتی خواص استحکامی کمتری دارند. حذف کامل جوهر در فرایندهای جوهرزدایی امکان‌پذیر نیست [۳]. چنانچه سفیدی[1] و براقیت (روشنایی)[2] کاغذ اهمیت داشته باشد وجود این مرحله برای رسیدن به محصولاتی با کیفیت بالا حاصل از فیبرهای بازیافتی لازم است.

[1] Whiteness
[2] Brightness

۱-۳-۱- مرحله ی خمیر سازی

در روش‌های مرسوم پس از جمع‌آوری کاغذ و مقوا، جدا کردن اجزای غیرفیبری و خرد کردن کاغذ و مقوا به اندازه‌های کوچکتر، از یک مرحله خمیرسازی استفاده می‌کنند. در مورد خمیرسازی تعابیر مختلفی وجود دارد، از جمله این که خمیرسازی قلب فرایندهای مربوط به بازیافت کاغذهای باطله است [۳]. خمیرسازی می‌تواند در غلظت‌های کم، متوسط، زیاد و بصورت‌های پیوسته و ناپیوسته انجام شود. اصولاً عملیات خمیرسازی ناپیوسته در درصد خشکی ۷- ۶ درصد انجام می‌شود. نتایج آزمایشات نشان داده‌اند که زمان لازم برای جدا شدن کامل الیاف از هم متغیر است، در ضمن اندازه خمیرسازهای ناپیوسته برای مقدار یکسان ورودی از خوراک اولیه از خمیرسازهای پیوسته بزرگتر است. خمیرسازی با درصد خشکی بالا حدود ۱۸-۱۵٪ به عنوان روشی استاندارد برای کمتر شدن ناخالصی‌ها تا حداقل مقدار ممکن به رسمیت شناخته شده است، انرژی مصرفی و میزان مواد شیمیایی مصرفی نیز حداقل می‌شود، مصرف آب نیز به حدود نصف می‌رسد، این نوع خمیرسازی تا حد زیادی در کارخانجات کاغذهای باطله مورد استفاده قرار می‌گیرد، خمیرسازها با درصد خشکی بالا می‌توانند بصورت‌های پیوسته و ناپیوسته کار کنند. اصولاً آنها همزنی دارند که نیروهای مکانیکی را اعمال می‌کند [۴].

نیروهای مکانیکی اعمال شده باعث باز شدن کامل الیاف کاغذ از همدیگر می‌شوند و ذرات جوهر را از فیبرها جدا می‌کنند، این عمل با ترکیب عواملی چون جریان هیدرولیکی فاز مایع در خمیرساز، تورم الیاف، انعطاف‌پذیری آنها و سایش الیاف بهم دیگر انجام می‌شود، گاهی نیروهای مکانیکی به تنهایی در خمیرساز دفع جوهر مناسبی ندارند و باید مواد شیمیایی نیز به سیستم اضافه شود تا بازده دفع جوهر افزایش پیدا کند [۲]. مراحل لازم برای جداسازی کامل الیاف عبارتند از [۳] :

- جداسازی ناخالصی‌های موجود در کاغذهای باطله و نفوذ آب در کاغذ
- مرطوب‌سازی الیاف؛ برای ضعیف شدن پیوندهای درونی آنها
- جداسازی الیاف از ناخالصی‌هایی چون جوهر و چسب‌ها

- ***پارامترهای مؤثردر مرحله ی خمیرسازی :*** خمیرسازی از متغیرهای مختلفی از جمله درصد خشکی، دما، زمان و مواد شیمیایی (از لحاظ نوع و غلظت) تاثیر می‌پذیرد. البته مقدار بهینه این متغیرها به نوع کاغذ باطله، مراحل فرایند مورد نظر و نیز کیفیت محصول مورد نظر بستگی دارد [۴]. تغییرات دما ویسکوزیته آب را تغییر می‌دهد و منجر به تغییر در سرعت نفوذ رطوبت در الیاف می‌شود، دماهای بالاتر سرعت نفوذ رطوبت در الیاف را افزایش می‌دهند. در جدول (۱-۲) می‌توان این اثر را ملاحظه کرد [۳].

جدول ۱-۲: اثر افزایش دما بر مدت زمان خمیرسازی

زمان خمیرسازی (min)	دما (°C)
۴۰	۲۱
۳۰	۳۲
۲۰	۴۹
۱۲	۶۶

بالای ۷۰ درجه سانتیگراد اثرات معکوسی ملاحظه می‌شود. دماهای بالا منجر به پراکندگی بیشتر جوهر و سایر ناخالصی‌ها در خمیر کاغذ و انحلال مواد آلی در سیستم می‌شود، بنابراین جهت کاهش مشکلات ناشی از وجود چسب‌ها[1] تمایل به سمت خمیرسازی در دمای زیر ۷۰ درجه سانتیگراد است. اثر دما و درصد خشکی را بر زمان و انرژی مصرفی در خمیرسازی در جدول (۱-۳) می‌توان دید [۳].

جدول ۱-۳ : اثر متغیرهای خمیرسازی

درصد خشکی (min)	دما (°C)	pH	زمان (min)	انرژی مصرفی (kW/h)
۴٫۸	۴۷٫۰	۱۰٫۱	۱۰٫۰	۶۷٫۰
۷٫۱	۴۸٫۰	۱۰٫۱	۵٫۵	۲۳٫۰
۱۴٫۴	۶۰٫۰	۱۰٫۲	۴٫۰	۱۳٫۰

زمانیکه درصد خشکی‌های بالا و پایین مورد بررسی قرار می‌گیرند، مشخص می‌شود که انرژی مصرفی در درصد خشکی‌های کمتر خیلی بیشتر است. pH نیز عامل مهمی در خمیرسازی است. در محیط‌های قلیایی‌تر احتمال پراکندگی جوهر و سرعت مرطوب‌شدن افزایش می‌یابد، در pH =۱۰ یک افزایش کوچک در درصد خشکی و دما باعث کوتاه‌تر شدن زمان خمیرسازی و کمتر شدن مصرف انرژی الکتریکی می‌شود [۳].

[1] Stickies

۱-۳-۲- مرحله ی جوهرزدایی

دو سیستم عمده که در جوهرزدایی از کاغذهای باطله پذیرفته شده‌اند عبارتند از: جوهرزدایی بوسیله شستشو[1] و جوهرزدایی بوسیله شناورسازی[2]. امروزه به خوبی مشخص شده که نتایج ترکیب دو روش بهتر می‌باشد [۳].

- ***جوهرزدایی بوسیله شستشو:*** جوهرزدایی بوسیله شستشو روشی ساده است. این روش اولین روش مورد استفاده برای بهبود کاغذهای باطله است که شامل یک مرحله خمیرسازی ساده و به دنبال آن آبزدایی است. جوهر در حین خمیرسازی شکسته می‌شود و به همراه الیاف ریز در حین مراحل متناوب شستشو توسط فیلتر از سیستم جدا می‌شوند. این روش بدون اضافه کردن مواد شیمیایی نیز می‌تواند مؤثر باشد، حتی اگر کمک خمیرسازهایی[3] چون سود نیز به سیستم اضافه نشود. مقدار زیادی از جوهر می‌تواند با این روش و همراه آن پراکنده‌سازی مکانیکی از سیستم حذف شود. شستشو می‌تواند میزان روشنایی خمیر را افزایش دهد ، اگر محدوده اندازه ذرات بین ۱۰-۱ میکرومتر باشد این ذرات توسط روش شستشو از سیستم خارج خواهند شد [۳]. عملیات جوهرزدایی بوسیله شستشو، به نوع و غلظت مواد شیمیایی مورد استفاده به شدت وابسته است (رندرز ۱۹۹۳ و وودوارد ۱۹۹۰)[4]. مواد شیمیایی مورد استفاده در این فرایند منجر به پراکندگی جوهر و الیاف ریز می‌شوند. بیشتر مواد شیمیایی مورد استفاده در این فرایند، مخلوطی از عوامل فعال سطحی[5] و حلالها می‌باشند. عامل فعال سطحی که بیش از سایر عوامل سطحی در این فرایند استفاده می‌شود صابون است، از مواد دیگر مورد استفاده در این فرایند می‌توان هیدروکسید سدیم، سیلیکات سدیم، پراکسید هیدروژن و گاهی اسید فسفریک را نام برد [۳].

آب زیادی که در این فرایند استفاده می‌شود می‌تواند تصفیه و مجدداً مورد استفاده قرار گیرد. بازیافت آب در کارخانجات کاغذسازی منافع زیادی را به همراه دارد. زیرا مصرف آب تازه حداقل و هزینه مواد شیمیایی و انرژی نیز کاهش می‌یابد (کرا و سکر ۱۹۹۰، هوراسک ۱۹۹۲)[6].

[1] Wash deinking
[2] Flotation deinking
[3] Pulping aids
[4] Renders & Woodware
[5] Surfactants
[6] Crow & Secor, Horacek

- ***جوهرزدایی بوسیله شناورسازی***[1] *:* شناورسازی یک پروسه جداسازی و تغلیظ است که بر مبنای اختلاف در خصوصیات فیزیوشیمی سطح مشترک مواد واقع شده است. انواع شناورسازی های معروف عبارتند از:

شناورسازی روغنی[2]: که در آن ذرات روی سطح مشترک بین روغن و آب قرار می گیرند.

شناورسازی همراه بر[3]: که در آن ذرات کلوئیدی خودشان را به سطح ذرات بزرگتر می چسبانند و با هم و با ذرات معدنی موجود شناور می شوند.

شناورسازی فیلمی[4]: در این پروسه ذرات آبگریز روی سطح آزاد شناور می شوند و از ذرات آبدوست غیر قابل شناور که داخل فاز مایع غوطه ورند جدا می شوند.

شناورسازی کف دار[5]: شناورسازی کف دار برای نخستین بار در سال ۱۹۷۰ به کار رفت. اگر در رطوبت‌دوستی ذرات موجود در یک مخلوط تفاوت وجود داشته باشد، با عملیات شناورسازی می‌توان آنها را از هم جدا کرد. فرایند شناورسازی در یک مخلوط آبی حاوی ذرات ریز جامد صورت می‌گیرد. این عمل معمولاً در محفظه (سلول) همزن‌دار روبازی صورت می‌گیرد. حباب‌های ریز هوا در میان سوسپانسیون موجود در سلول همزن‌دار پراکنده می‌شوند و به سمت سطح سلول صعود می‌کنند. ذراتی که به سهولت با آب تر میشوند بعبارتی آبدوست هستند، تمایل دارند در سوسپانسیون آبی باقی بمانند اما ذراتی که براحتی خیس نمی‌شوند یعنی آب گریزند تمایل دارند که به فصل مشترک هوا - آب بچسبند و همراه حباب به سطح بیایند و به شکل کف با یک پاروی مکانیکی و یا بوسیله سرریز شدن، از سیستم خارج شوند. تفاوت در خواص شیمیایی سطوح جامد مبنای این روش جداسازی است. شناورسازی کف دار و فیلمی بهترین نمونه های شناورسازی هستند که روی سطح مشترک مایع- گاز تعریف می شوند [۵،۶].

شناورسازی مؤثرترین روش برای دفع ذرات جوهر در محدوده اندازه ۱۵۰- ۱۰ میکرون است، شکل (۱-۱) مؤید این مطلب می‌باشد. در این شکل ملاحظه می‌گردد که اگر اندازه ذرات جوهر بین ۱۵۰- ۱۰ میکرومتر باشد بیشترین میزان دفع جوهر را بوسیله فرایند شناورسازی داریم [۷].

[1] Flotation
[2] Oil flotation
[3] Carrier flotation
[4] Film flotation
[5] Froth flotation