

سورة الاحقاف



دانشکده مهندسی چوب و کاغذ

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته صنایع خمیر و کاغذ

تأثیر استفاده از پرکننده کربنات کلسیم پوشش داده شده با سیلیکا به روش سل-ژل بر ویژگی‌های کاغذ

پژوهش و نگارش:

جواد عباسی

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا دهقانی فیروزآبادی

اساتید مشاور:

دکتر الیاس افرا

دکتر علی‌اکبر دهنو خلجی

تابستان ۱۳۹۲



سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

فرم ۳۴۴

بسته نعلی

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد شیوه آموزشی - پژوهشی

نام و نام خانوادگی: عیاد عباسی	گروه آموزشی: صنایع خمیر و کاغذ	رشته تحصیلی: صنایع خمیر و کاغذ		
شماره دانشجویی: ۹۰۳۳۳۳۳۱۸	ساعت و تاریخ دفاع: یکشنبه ۱۳۹۳/۶/۳۱ ساعت ۱۷			
عنوان فارسی: تاثیر استفاده از پرکننده کربنات کلسیم پوشش داده شده با سیلیکا به روش سل-ژل بر ویژگی های کاغذ	پایان نامه:			
عنوان انگلیسی: The effect of using calcium carbonate filler coated by silica with sol-gel method on paper properties				
جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد نامبرده با حضور اعضای محترم هیات داوران به شرح ذیل در سالن/ محل <u>کلاس ۴۰۱</u> برگزار گردید و پایان نامه با نمره <u>۱۸/۴</u> با حروف <u>بسیار خوب (۳)</u> پذیرفته شد.				
امضاء هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	نام دانشگاه	امضاء عضو حاضر
استاد راهنما	دکتر محمدرفیقا دهقستانی فیروزآبادی	دانشیار	دانشگاه علوم کشاورزی و صنایع طبیعی گرگان	
استاد مشاور	دکتر عباس افرا	استادیار	دانشگاه علوم کشاورزی و صنایع طبیعی گرگان	
استاد مشاور	دکتر علی اکبر دهنو حنجی	استادیار	دانشگاه گلستان	
استاد داور	دکتر حسین رسالتی	استاد	دانشگاه علوم کشاورزی و صنایع طبیعی گرگان	

تأیید مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه:
تاریخ:

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود؛ بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

- ۱- قبل از چاپ پایان‌نامه خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.
- ۲- قبل از چاپ پایان نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
- ۳- انتشار نتایج پایان نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب جواد عباسی دانشجوی رشته صنایع خمیر و کاغذ مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی و امضاء

تقدیم

:

پدر و مادر عزیزم

سپاس بی‌پایان پروردگار بی‌همتا را که سخنوران در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت-های او ندانند. سپاس او که فرصت آموختن علم و دانش را ارزانیم داشته و در تمام مراحل زندگی یاریم نموده است. به‌راستی که پیمودن این راه جزء با یاری و لطف او ممکن نیست. حال که نگارش این پایان‌نامه به اتمام رسیده است، بر خود لازم می‌دانم کمال تقدیر و تشکر خود را نثار کسانی کنم که در این مسیر پر فراز و نشیب لحظه‌ای از راهنمایی، پشتیبانی و تشویق من دریغ نکردند.

از استاد بردبارم، جناب آقای دکتر محمدرضا دهقانی فیروزآبادی که در پیشرفت اهداف تحقیق راهگشای مشکلاتم بوده‌اند و در طول انجام تحقیق همواره از مساعدت‌هایشان بهره‌فراوان جسته‌ام و زحمات زیادی را در ارائه، تدوین و نگارش بهتر این پایان‌نامه متقبل شده‌اند، صادقانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از اساتید مشاور، آقایان دکتر الیاس افرا و دکتر علی‌اکبر دهنوخلجی کمال تقدیر و تشکر را دارم. از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر حسین رسالتی که زحمت داوری این پایان‌نامه و نمایندگی تحصیلات تکمیلی را تقبل نمودند، نهایت قدردانی را دارم.

از دکتر وزیری، دکتر پونه ابراهیمی، جناب آقای امید صادقی و همچنین از مسئولین بزرگوار آزمایشگاه چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌ویژه مهندس حسین‌خانی که در طول انجام آزمایش‌های مربوط به پایان‌نامه با اینجانب همکاری صمیمانه‌ای داشته‌اند، کمال تقدیر و تشکر را دارم.

و در نهایت از همه دوستان عزیز که مرا در راستای انجام مراحل مختلف پایان‌نامه همراهی کردند، سپاسگزارم.

چکیده

یکی از مشکلات استفاده از پرکننده‌ها، ماندگاری کم آن‌ها در کاغذ است که میزان آلودگی و بار مواد جامد در سیستم آب کارخانه را افزایش می‌دهد. در این تحقیق با استفاده از روش سل ژل و انتخاب نسبت‌های مولی ۲، ۳ و ۴ به ۱ آمونیاک به تترااتیل‌ارتوسیلیکات، ذرات سیلیکا بر روی سطح ذرات پرکننده کربنات کلسیم آسیابی تشکیل گردید. پرکننده‌های پوشش داده شده، در سطوح مختلف به خمیر کاغذ حاوی ۷۰٪ CMP و ۳۰٪ الیاف بلند اضافه شد. طیف XRD تغییر نکردن بلورینگی ذرات و طیف FTIR حضور ترکیبات سیلیکونی در پرکننده بعد از پوشش‌دهی با سیلیکا را تایید کردند. شکل ذرات پرکننده پوشش داده شده، با نمونه بدون پوشش آن تفاوت زیادی نداشت؛ فقط یک لایه از سیلیکا به صورت یک فیلم متخلخل، سطح ذرات پوشش داده شده را پوشانده و باعث افزایش قابل توجه سطح ویژه و حجم منافذ ذرات گردیده بود. پتانسیل زتای پرکننده مثبت بود که بعد از پوشش‌دهی با سیلیکا منفی شد. استفاده از پرکننده پوشش داده شده با سیلیکا (به ویژه در نسبت مولی ۳ به ۱) در کاغذ در هر سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد مصرف پرکننده، باعث افزایش حدود ۲۵ درصدی ماندگاری نسبت به پرکننده بدون پوشش گردید. همچنین حجم ویژه و مقاومت به عبور هوای کاغذهای ساخته شده بیش تر شد. به نظر می‌رسد که سیلیکای تشکیل شده در سطح پرکننده با الیاف کاغذ برهمکنش بهتری داشته که باعث افت کم‌تر مقاومت به ترکیدن و پارگی کاغذ نیز گردیده است.

واژه‌های کلیدی: پرکننده، سیلیکا، کربنات کلسیم، ماندگاری، سطح ویژه.

عنوان مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول.....
۲	۱-۱-مقدمه.....
۳	۲-۱ کلیات.....
۳	۱-۲-۱ تعریف کاغذ.....
۳	۱-۲-۱-۱ کاغذ چاپ و تحریر.....
۳	۲-۲-۱ آمادگی خمیر کاغذ.....
۴	۳-۲-۱ شیمی پایانه‌ی تر.....
۵	۴-۲-۱ بار ذرات و پتانسیل زتا.....
۸	۵-۲-۱ اندازه‌گیری بار الکتریکی در کاغذسازی.....
۸	۶-۲-۱ ماندگاری در کاغذسازی.....
۸	۱-۶-۲-۱ تعریف ماندگاری.....
۹	۲-۶-۲-۱ اهمیت ماندگاری در ماشین کاغذ.....
۱۱	۳-۶-۲-۱ عوامل موثر در ماندگاری.....
۱۱	۷-۲-۱ تعریف کاغذ.....
۱۱	۱-۷-۲-۱ پرکننده‌ها در کاغذسازی.....

۱۲	.....دلائل استفاده از پرکننده‌ها در کاغذسازی.....	۲-۷-۲-۱
۱۲	.....کربنات کلسیم.....	۳-۷-۲-۱
۱۴	.....کربنات کلسیم آسیابی.....	۱-۳-۷-۲-۱
۱۶	.....سیلیکاتهای سنتزی.....	۴-۷-۲-۱
۱۷	.....مشخصات پرکننده‌ها.....	۵-۷-۲-۱
۲۱	.....شیمی سطح سیلیکا.....	۶-۷-۲-۱
۲۳	.....اصلاح کربنات کلسیم.....	۷-۷-۲-۱
۲۴	.....روش سل ژل.....	۱-۷-۷-۲-۱
۲۵	.....پیش ماده TEOS.....	۲-۷-۷-۲-۱
۲۶	.....هیدرولیز و تراکم TEOS.....	۳-۷-۷-۲-۱
۲۷	.....اهداف.....	۳-۱
۲۷	.....فرضیات.....	۴-۱
۲۹	.....فصل دوم.....	
۳۰	.....سابقه تحقیق.....	
۳۵	.....فصل سوم.....	
۳۶	.....پوشش دادن کربنات کلسیم با سیلیکا.....	۱-۳
۳۶	.....مواد مورد نیاز پوشش دهی.....	۱-۱-۳
۳۶	.....روش پوشش دهی.....	۲-۱-۳
۳۷	.....عوامل ثابت و متغیر پوشش دهی.....	۳-۱-۳

- ۳۷..... ۴-۱-۳ ارزیابی ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های پرکننده.....
- ۳۸..... ۳-۱-۴-۱ اندازه‌گیری سطح ویژه.....
- ۳۹..... ۳-۱-۴-۲ اندازه‌گیری حجم منافذ.....
- ۴۱..... ۳-۲ ساخت کاغذهای دست‌ساز و ارزیابی ویژگیهای کاغذ.....
- ۴۱..... ۳-۲-۱ مواد مورد نیاز برای ساخت کاغذهای دست‌ساز.....
- ۴۲..... ۳-۲-۲ عوامل ثابت و متغیر در ساخت کاغذهای دست‌ساز.....
- ۴۲..... ۳-۲-۲-۱ عوامل ثابت.....
- ۴۲..... ۳-۲-۲-۲ عوامل متغیر.....
- ۴۳..... ۳-۲-۳ ساخت کاغذهای دست‌ساز.....
- ۴۳..... ۳-۳ تعیین درصد خاکستر کاغذهای دست‌ساز و درصد ماندگاری.....
- ۴۳..... ۳-۴ ویژگی‌های فیزیکی کاغذ.....
- ۴۳..... ۳-۴-۱ وزن پایه کاغذ.....
- ۴۴..... ۳-۴-۲ حجم ویژه کاغذ.....
- ۴۴..... ۳-۴-۳ مقاومت به عبور هوای کاغذ.....
- ۴۴..... ۳-۵ ویژگی‌های نوری کاغذ.....
- ۴۴..... ۳-۵-۱ درجه روشنی.....
- ۴۵..... ۳-۵-۲ ماتی.....
- ۴۵..... ۳-۶ ویژگی‌های مقاومتی کاغذ.....

۶۸.....	نتیجه گیری کلی.....
۶۹.....	پیشنهادات.....
۷۱.....	منابع.....
۷۷.....	پیوست.....

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
فصل اول.....	۱
شکل ۱-۱. لایه دوگانه الکتریکی ذره پراکنده شده در آب.....	۶
شکل ۱-۲. نمودار انرژی پتانسیل (برآیند نیروهای جاذبه و دافعه) برای یک کلویید پایدار.....	۷
شکل ۱-۳. مقایسه ابعاد الیاف و مواد پرکننده با ابعاد توری.....	۱۰
شکل ۱-۴. ساختار کریستالی ماده معدنی سنگ آهک (کلسیت).....	۱۳
شکل ۱-۵. GCC ساخته شده از کالک.....	۱۴
شکل ۱-۶. GCC ساخته شده از سنگ آهک.....	۱۴
شکل ۱-۷. GCC ساخته شده از سنگ مرمر.....	۱۵
شکل ۱-۸. نمودار جریان فرآیند تولید GCC شده از سنگ آهک یا سنگ مرمر.....	۱۵
شکل ۱-۹. رنگدانه سیلیکات آمورف.....	۱۷
شکل ۱-۱۰. شرح شماتیک برای موقعیت پرکننده در شبکه الیاف.....	۲۱
شکل ۱-۱۱. انواع گروه‌های سیلانول در سطح سیلیکا.....	۲۲
شکل ۱-۱۲. سطح ذرات سیلیکا و عامل ایجاد بار منفی در سطح این ذرات.....	۲۳
شکل ۱-۱۳. انحلال‌پذیری کربنات کلسیم در pHهای مختلف.....	۲۴

شکل ۱-۱۴. تشکیل شبکه سه بعدی ژل.....	۲۵
فصل سوم.....	۳۵
شکل ۳-۱. نمونه‌ای در حین تیمار پوشش دهی.....	۳۷
شکل ۳-۲. دستگاه آنالیز تخلخل.....	۳۹
شکل ۳-۳. شکل شماتیک فرایند جذب با افزایش فشار گاز.....	۴۰
فصل چهارم.....	۴۷
شکل ۴-۱. طیف FTIR پرکننده GCC.....	۴۸
شکل ۴-۲. طیف XRD پرکننده GCC.....	۵۰
شکل ۴-۳. عکس‌های SEM پرکننده GCC.....	۵۱
شکل ۴-۴. جذب گاز نیتروژن پرکننده GCC.....	۵۳
شکل ۴-۵. درصد پرکننده باقی مانده در کاغذهای ساخته شده.....	۵۵
شکل ۴-۶. ماندگاری پرکننده‌ها در کاغذهای ساخته شده.....	۵۶
شکل ۴-۷. حجم ویژه کاغذهای ساخته شده.....	۵۸
شکل ۴-۸. مقاومت به عبور هوا کاغذهای ساخته شده.....	۶۰
شکل ۴-۹. درجه روشنی کاغذهای ساخته شده.....	۶۲
شکل ۴-۱۰. ماتی کاغذهای ساخته شده.....	۶۳
شکل ۴-۱۱. مقاومت به ترکیدن کاغذهای ساخته شده.....	۶۵
شکل ۴-۱۲. مقاومت به پارگی کاغذهای ساخته شده.....	۶۷

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱	فصل اول
۲۰	جدول ۱-۱. فهرست برخی از ویژگیهای چند پرکننده معمول در کاغذسازی
۳۵	فصل سوم
۳۶	جدول ۱-۳. مواد مصرفی برای پوشش دهی کربنات کلسیم با سیلیکا
۴۱	جدول ۲-۳. اسامی انتخاب شده برای تیمارهای پرکننده
۴۷	فصل چهارم
۵۲	جدول ۱-۴. پتانسیل زتا، حجم منافذ و سطح ویژه نمونه‌ها
۵۴	جدول ۲-۴. تجزیه واریانس درصد پرکننده باقی مانده در کاغذهای ساخته شده
۵۵	جدول ۳-۴. تجزیه واریانس ماندگاری کاغذهای ساخته شده
۵۷	جدول ۴-۴. تجزیه واریانس حجم ویژه کاغذهای ساخته شده
۵۹	جدول ۵-۴. تجزیه واریانس مقاومت به عبور هوا کاغذهای ساخته شده
۶۱	جدول ۶-۴. تجزیه واریانس درجه روشنی کاغذهای ساخته شده
۶۳	جدول ۷-۴. تجزیه واریانس ماتی کاغذهای ساخته شده
۶۴	جدول ۸-۴. تجزیه واریانس مقاومت به ترکیدن کاغذهای ساخته شده
۶۶	جدول ۹-۴. تجزیه واریانس مقاومت به پارگی کاغذهای ساخته شده

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱-مقدمه

طیف وسیعی از مواد افزودنی شامل عوامل آهار، پرکننده‌ها، رنگدانه‌ها، کمک نگهدارنده‌ها، مواد کمک آبگیری، افزودنی‌های مقاومت خشک، مقاومت تر و عوامل ضد کف و لجن در کاغذ استفاده می‌شود. مواد افزودنی اضافه شده به سوسپانسیون تاثیر به‌سزایی روی خواص نهایی کاغذ دارد. افزودنی‌ها حدود ۱۰ درصد از کل هزینه‌های کاغذسازی را به خود اختصاص می‌دهند. از میان افزودنی‌های مورد استفاده در کاغذسازی، پرکننده‌ها از نظر وزنی بیشترین مصرف را دارند (اسموک ۱۹۹۲). امروزه صنعت کاغذ با انتخاب دقیق عوامل موثر بر تولید مانند پرکننده‌ها، سعی در کاهش هزینه‌های خود و حفظ منابع ماده اولیه سلولزی دارد.

پرکننده‌ها به دلیل فراوانی و ارزان‌تر بودن قیمت آن‌ها نسبت به الیاف رنگ‌بری شده، به‌عنوان دومین ترکیب مهم در کاغذهای چاپ و تحریر استفاده می‌شوند. هدف از استفاده پرکننده‌ها در کاغذ، جایگزینی و در واقع جبران بخشی از الیاف رنگ‌بری شده گران قیمت است؛ همچنین استفاده از ویژگی‌های پرکننده‌ها که منجر به افزایش نرمی، ماتی، درجه روشنی، صافی سطح و چاپ‌پذیری بهتر کاغذ می‌شود.

ساختار شبکه‌ای الیاف در کاغذ، نسبتاً حجیم، باز و دارای فضاهای خالی زیادی است. چگونگی قرارگیری ذرات پرکننده در شبکه و سازگاری آن‌ها با الیاف و همچنین رفتار آن‌ها در مقابل تنش‌های مکانیکی، برخورد با نور و یا عوامل مختلف خارجی از موارد مهم قابل ارزیابی است.

زمانی که پرکننده‌ها جایگزین الیاف می‌شوند (در وزن پایه ثابت)، از خواص مقاومتی کاسته می‌شود، چرا که در شبکه الیاف به ازای هر واحد، مقدار کمتری الیاف (و پیوندهای هیدروژنی) قرار دارد و پرکننده‌ها با قرارگیری در بین الیاف مانع پیوند آن‌ها با هم می‌شوند و باعث به وجود آمدن شکاف یا ترک در شبکه الیاف می‌شوند. در نتیجه کاهش مقاومت‌های کاغذ را در پی خواهد داشت.

می‌توان با استفاده از مواد آلی و مواد معدنی، پرکننده‌ها را اصلاح و در نتیجه ماندگاری آن‌ها را افزایش و افت مقاومتی ناشی از حضور پرکننده در شبکه الیاف را کاهش داد. ذرات سیلیکا به دلیل داشتن گروه‌های هیدروکسیل در سطح خود توانایی پیوند هیدروژنی با الیاف سلولزی را دارند.

در این تحقیق با استفاده از روش سل ژل ابتدا ذرات سیلیکا بر روی سطح ذرات پرکننده کربنات کلسیم قرار گرفته و سپس پرکننده‌های تهیه شده با این روش در سطوح مختلف به خمیر کاغذ اضافه شده و تاثیرات آن بر ویژگی‌های کاغذ مورد استفاده، بررسی شده است.

۲-۱ کلیات

۱-۲-۱ تعریف کاغذ

کاغذ یک کالای استراتژیک است و نقش به‌سزایی در توسعه فرهنگی جامعه دارد. از نظر کاغذ-سازی، کاغذ صفحه‌ای است که پس از خارج کردن آب از سوسپانسیون الیاف به‌دست می‌آید.

۱-۲-۱-۱ کاغذ چاپ و تحریر

کاغذ چاپ و تحریر به نوعی از کاغذ بدون پوشش، بدون آهار و یا کمی آهاردار اطلاق می‌شود که وزن پایه (گراماژ) آن‌ها در حدود $90-60 \text{ g/m}^2$ باشد. حدود ۷۰ درصد خمیر این نوع کاغذها از خمیرهای ساخته شده از فرایندهای مکانیکی و یا شیمیایی-مکانیکی است. استانداردهای مربوط به مقادیر درجه روشنی، ماتی، مقدار پرکننده و سایر ویژگی‌های کاغذ با توجه به نیاز مشتریان هر منطقه و کشور تعیین می‌شود.

۲-۲-۱ آمادگی خمیر کاغذ

برای ساخت کاغذ در کارخانه کاغذسازی، ابتدا خمیر را آماده‌سازی می‌کنند. هدف از آماده‌سازی خمیر، آماده کردن مواد لیفی (خمیر) و اجزای غیر لیفی (افزودنی‌ها)، سپس مخلوط کردن آن‌ها و یکنواخت کردن مخلوط است (اسموک ۱۹۹۲). برای بهبود خواص الیاف، خمیر را پالایش می‌کنند و پس از آن سوسپانسیون خمیر وارد پایانه‌ی تر کاغذسازی می‌شود. در ادامه مواد افزودنی لازم به آن اضافه می‌گردد و از طریق هیدباکس بر روی توری ماشین کاغذسازی ریخته می‌شود. پس از خروج آب از توری، کاغذ تشکیل شده پرس می‌گردد و به پایانه‌ی خشک ارسال می‌شود.

مواد افزودنی اضافه شده به سوسپانسیون تاثیر به‌سزایی روی خواص نهایی کاغذ دارد. طیف وسیعی از مواد افزودنی شامل عوامل آهار، پرکننده‌ها، رنگدانه‌ها، کمک نگهدارنده‌ها، مواد کمک آبگیری، افزودنی‌های مقاومت خشک، مقاومت تر و عوامل ضد کف و لجن در کاغذ استفاده می‌شود. افزودنی‌ها حدود ۱۰ درصد از کل هزینه‌های کاغذسازی را به خود اختصاص می‌دهند. از میان افزودنی‌های مورد استفاده در کاغذسازی پرکننده‌ها از نظر وزنی بیشترین مصرف را دارند. مواد

افزودنی به ترتیبی اضافه می‌شوند که از تاثیرهای متقابل آن‌ها در مواقع نامناسب جلوگیری شود تا حداکثر کارایی را داشته باشند (اسموک ۱۹۹۲).

۱-۲-۳ شیمی پایانه‌ی تر

شیمی پایانه‌ی تر به بحث پیرامون برهمکنش‌های بین اجزای سوسپانسیون در کاغذسازی و فرآیند-های شیمیایی و فیزیکی در پایانه‌ی تر ماشین کاغذ می‌پردازد. کنترل شیمی پایانه‌ی تر برای کاغذی یکنواخت و با کیفیت مناسب امری ضروری است. اگر بعضی از پدیده‌ها در شیمی پایانه‌ی تر کنترل نشوند موجب ایجاد آلودگی در ماشین کاغذ، رسوب مواد جامد، ایجاد حفره‌های ناشی از کف در کاغذ، کاهش آبگیری از خمیر و عدم کارایی پرس می‌شوند (همزه و همکاران ۱۳۸۷).

چون بیشتر مواد موجود در سوسپانسیون کاغذ، معلق در آب‌اند و مقداری از آن‌ها هم در آب حل می‌شوند، بیشتر واکنش‌های شیمی پایانه‌ی تر با آب است. به دلیل وجود مواد حل شدنی، بحث شیمی پایانه‌ی تر پیچیده است. در شیمی پایانه‌ی تر سه گروه اصلی درگیرند: ذرات جامد، کلویدها و مواد حل شدنی.

برای موادی که سطح ویژه زیادی دارند و معلق در آب‌اند، اختلافی بین ملکول‌های خارجی ذره با ملکول‌های داخلی خود و محیط اطراف ذره وجود دارد که موجب غیر متعادل شدن اثر متقابل آن‌ها و افزایش انرژی سطحی می‌شود. چنین سیستمی که رفتار ذرات پراکنده شده ماده با رفتار شیمیایی کل سیستم اهمیت دارد، شیمی کلوییدی نامیده می‌شود که شاخه‌ای از علم شیمی-فیزیک است. چون بیشتر ذرات کاغذسازی دارای ابعاد کلوییدی و سطح ویژه زیادی هستند، شیمی پایانه‌ی تر در قالب شیمی کلوییدی و شیمی سطح مطرح است (همزه و همکاران ۱۳۸۷).

اثر متقابل بین دو ذره، موجب ایجاد نیروهای دافعه و جاذبه بین آن‌ها می‌شود. شیمی‌دان‌ها تاثیرات جاذبه بین دو ذره را در دو سطح اتمی و ملکولی دسته‌بندی می‌کنند که به ترتیب نیروی پیوندی اولیه و ثانویه نامیده می‌شوند. پیوند هیدروژنی نوع ویژه‌ای از پیوندهای ثانویه است که به نیروهای اندروالس مشهور است.

۱-۲-۴ بار ذرات و پتانسیل زتا

زمانی که مواد جامد در یک مایع قطبی نظیر آب قرار می گیرند، به دلیل یونیزه شدن و یا جذب یون‌ها توسط سطوح، یک بار الکترواستاتیکی در سطح این مواد و حد فاصل بین جامد و مایع تشکیل می‌شود. بخش عمده‌ای از خمیرکاغذ را الیاف و نرمه‌ها تشکیل می‌دهند که سطح آنها دارای بار منفی است. منشأ این بار منفی، گروه‌های کربوکسیلات می‌باشند که عمدتاً مربوط به اورونیک اسیدهای متصل به زیلان همی سلولزها می‌باشند که در اثر فرآیند خمیرسازی اکسید می‌شوند.

بخش عظیمی از مواد با بار منفی در اثر انحلال لیگنین و پلی‌ساکاریدهای اسیدی از خمیرکاغذ خارج می‌شوند. این نوع مواد با بار منفی به‌همراه مواد دیگری نظیر گروه‌های سولفونات که در هنگام خمیرسازی سولفیت از خمیرکاغذ ایجاد می‌شوند، در خمیرکاغذهای مکانیکی، شیمیایی- مکانیکی و مواد بازیافتی حضور دارند و مواد کلوییدی و حل شده مزاحم^۱ و یا آشغال‌های آنیونی^۲ را تشکیل می‌دهند (خسروانی ۱۳۸۷).

توصیف بار موجود در سطح حد فاصل جامد و مایع اولین بار توسط هلمهتز^۳ در سال ۱۹۸۷ انجام و چند سال بعد توسط گویی^۴، شاپمن^۵ و استرن^۶ توضیح داده شد.

یون‌های با بار مخالف بار سطح (یون مخالف) توسط نیروهای واندروالس و الکترواستاتیکی به‌طور کامل به سطح ذره نزدیک می‌شوند و به‌صورت یک لایه آن را می‌پوشانند و پتانسیل انرژی به‌سرعت کاهش می‌یابد. یک لایه دینامیکی لغزشی^۷ بین لایه بارهای مخالف کاملاً چسبیده به سطح ذره و لایه ملکول‌های آب اطراف ذره در توده مایع (لایه استرن) وجود دارد. این لایه لغزنده که نظم کمتری دارد و بخش پراکنده‌کننده یون در سیستم است، لایه گویی-شاپمن نامیده می‌شود. کاهش پتانسیل در این ناحیه با سرعت کمتری در مقیاسه با لایه استرن تا رسیدن به پتانسیل صفر موجود در داخل توده مایع

۱- Dissolved and Colloidal Substances

۲- Anionic Trash

۳- Helmholtz

۴- Gouy

۵- Chapman

۶- stern

۷- Shear Plane