

# روش‌های مختلف اندازه‌گیری پتانسیل زتای ذرات و بهبود ویژگی‌های خمیر و کاغذ CMP با استفاده از خنثی‌سازی زباله‌های آنیونی

مقدسه اکبری امری<sup>۱\*</sup>، حسین رسالتی<sup>۲</sup>، محمدرضا دهقانی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت مقاله: آبان ماه ۱۳۹۱

تاریخ پذیرش مقاله: دی ماه ۱۳۹۱

## چکیده

اندازه‌گیری بار ذرات خمیر و کنترل آن از موضوعات مهم و مورد علاقه کاغذسازان می‌باشد. افزایش توجه به اندازه‌گیری بار ذرات و تغییرات آن در نتیجه تحول به وجود آمده در فناوری کاغذسازی بوده است. با توجه به افزایش مصرف مواد پرکننده، الیاف بازیافتی و خمیرهای مکانیکی با راندمان بالا در ماشین‌های کاغذ، حضور مواد مزاحم با بار آنیونی<sup>۴</sup> نیز در سامانه افزایش می‌یابد که تأثیر منفی بر ویژگی‌های خمیر و کاغذ خواهد گذاشت. در این مقاله سعی بر این است، با توجه به ضرورت اندازه‌گیری بار ذرات خمیر کاغذ، روش‌های مختلف اندازه‌گیری بار ذرات خمیر کاغذ نیز معرفی گردد و از آنجایی که زباله‌های آنیونی تعادل یونی سامانه را از بین می‌برند و مشکلات جدی را در سامانه ایجاد می‌کنند، نتایج مربوط به استفاده از پلی‌دامک<sup>۵</sup> به عنوان خنثی‌کننده زباله‌های آنیونی برای کاهش اثرات مضر این زباله‌ها ارائه می‌شود.

## واژه‌های کلیدی

بار الیاف، پتانسیل زتا<sup>۶</sup>، روش الکتروفورز<sup>۷</sup>، روش پتانسیل جریانی و تیتراسیون کلوئیدی<sup>۸</sup>.

## ۱- مقدمه

قوانین زیست‌محیطی سخت‌گیرانه برای به حداقل رساندن مصرف آب، منجر به بسته‌شدن سامانه آب فرآیندی کارخانه‌های کاغذسازی و افزایش استفاده مجلد از آب شده است. علاوه بر اثر مثبت کاهش مصرف آب تازه، بسته‌شدن حلقه‌ی آب در فرآیند کاغذسازی اثرات منفی نیز دارد که یکی از آنها، تجمع مواد مزاحم در آب فرآیندی است.

این آلاینده‌های انباشته شده در سامانه آب بازیافتی کاغذسازی، مواد محلول و کلوئیدی<sup>۹</sup> و یا به اصطلاح زباله‌های آنیونی<sup>۱۰</sup> نامیده می‌شوند. امروزه خمیرهای مکانیکی پربازده به‌طور گسترده در تولید کاغذ روزنامه و همچنین در ساخت کاغذهای با کیفیت، مانند کاغذهای چاپ و تحریر مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین استفاده از الیاف بازیافتی به‌عنوان یک راهکار مناسب جهت مصرف ضایعات کاغذی، کاهش مصرف چوب و در نتیجه تخریب کم‌تر جنگل‌ها و حفظ هرچه بیشتر محیط‌زیست و کاهش

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(\*) نویسنده مسئول: Akbari\_moghadase@yahoo.com

۲- استاد گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

4- Anionic charge

5- Ddamk poly

6- Zeta

7- Electrophoresis

8- Colloidal titration

9- Colloids

10- Anionic

روی صفحه کاغذی تشکیل شده در ماشین کاغذ جذب شوند. علاوه بر این مواد، ترکیبات کلوئیدی و مواد محلول آبیونی با نام عمومی زباله های آبیونی و نیز ترکیبات یونی حاصل از آهارزنی داخلی، نشاسته، رنگ ها، مواد افزایش دهنده مقاومت های تر و خشک خمیر و مواد کمک نگه دارنده نیز وجود دارند. اکثر کلوئیدهای موجود در سامانه کاغذسازی، دارای بار منفی هستند. یونیزه شدن<sup>۷</sup> گروه های اسید کربوکسیلی<sup>۸</sup> باعث ایجاد سطوح با بار منفی در الیاف و نرمه های الیاف شده که در نتیجه در یک محیط آبی و کلوئیدی، یک لایه دوگانه الکتریکی را ایجاد می نمایند (۱).

## ۱-۲- لایه دوگانه الکتریکی ذرات سوسپانسیون

مواد جامد وقتی که در یک مایع قطبی نظیر آب قرار می گیرند، به دلیل یونیزه شدن سطوح و یا جذب یون ها توسط سطوح، دارای بار الکتریکی می شوند. الیاف خمیرهای شیمیایی و اکثر مواد پرکننده مورد مصرف در کاغذسازی، در محیط آبی دارای بار منفی هستند (۴).

بار منفی الیاف خمیر ناشی از وجود گروه های اسیدی کربوکسیلی و سولفونیک<sup>۹</sup> بر روی سطوح الیاف و یا در نتیجه جذب لیگنین<sup>۱۰</sup> و همی سلولز<sup>۱۱</sup> محلول توسط سطوح الیاف می باشد. بار الکتریکی سطوح مواد پرکننده، در نتیجه یونیزه شدن این مواد و یا در نتیجه جذب مواد باردار نظیر همی سلولزها، نشاسته ها و پلی الکترولیت ها<sup>۱۲</sup>، به وجود می آید (۵).

شکل (۱) وضعیت الکتریکی سطح یک ذره باردار را در سوسپانسیون آبی نشان می دهد. لایه منفی اولیه مجاور سطح ذره، یون های مثبت را به خود جذب می کند. این یون ها دارای بار مخالف بوده و این لایه، لایه اشترن<sup>۱۳</sup>

شدید مصرف انرژی در کارخانجات بازیافت مورد توجه قرار گرفته است. هم خمیرهای پر بازده و هم خمیرهای بازیافتی، زباله های آبیونی بیشتری نسبت به خمیرهای شیمیایی رنگبری شده دست اول دارند.

تجمع بیش از حد این آلاینده ها، موجب کاهش ماندگاری، افزایش رسوب، افزایش کف، فعالیت بیولوژیکی<sup>۱</sup> بیشتر و خوردگی می شود که اثر منفی بر تولید کاغذ دارند. این آلاینده ها به خصوصیات فیزیکی کاغذ نیز آسیب می زنند و کیفیت محصول نهایی را از طریق حضور آلودگی لکه یا سوراخ کاهش می دهند.

برای برخی از انواع خمیرها و به خصوص برای خمیرهای مکانیکی که با پراکسید هیدروژن<sup>۲</sup> رنگبری شده اند، حدود ۸۰ درصد کاتیون خواهی<sup>۳</sup> خمیر، مربوط به بخش آبیونی محلول می باشد. در خمیر شیمیایی - مکانیکی<sup>۴</sup> (CMP) رنگبری شده با پراکسید، هم زباله های آبیونی در مراحل مختلف فرآیند پراکنده و حل می شود (۷).

در نتیجه، اندازه گیری بار ذرات خمیر کاغذ در صنعت کاغذ از اهمیت ویژه ای برخوردار است که در بخش اول این مقاله ارائه می شود. از طرفی زباله های آبیونی باعث برهم زدن تعادل یونی سامانه می شود و مشکلات زیادی را در سامانه ایجاد می کند که در این مقاله تأثیر استفاده از پلی دادمک به عنوان خشی کننده زباله های آبیونی مورد بررسی قرار می گیرد.

## ۱-۱- منشأ بار ذرات خمیر در سامانه های کاغذسازی

ترکیب مواد به کار گرفته شده در کاغذسازی شامل سوسپانسیون<sup>۵</sup> از آب و ترکیبات دیگر با خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت می باشد. ترکیب اصلی مواد مصرفی در کاغذسازی شامل الیاف سالم، نرمه های الیاف<sup>۶</sup> و مواد پرکننده می باشد. این ذرات بزرگ می توانند از طریق مکانیکی بر

7- Ionization

8- Carboxy

9- Sulfonic

10- Lignin

11- Cellulose, hemi

12- Polyelectrolyte

13- Stern

1- Biological

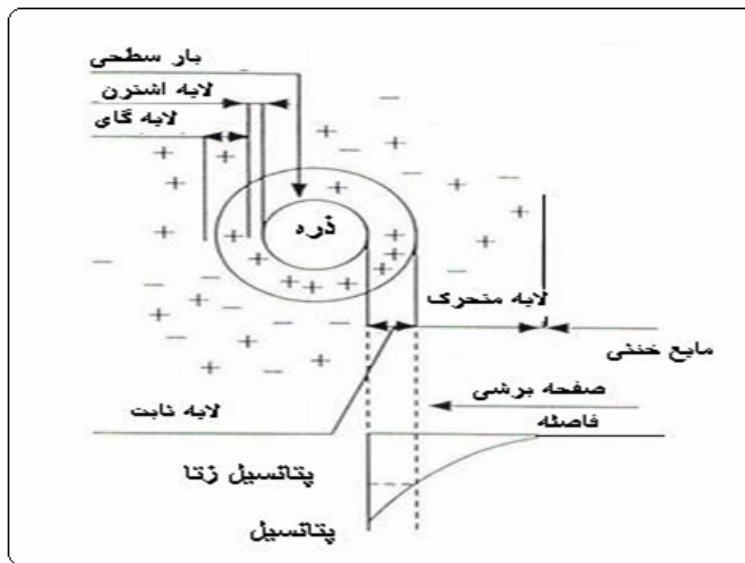
2- Peroxide hydrogen

3- Cation pro

4- Chemical pulp - Mechanical

5- Suspension

6- Fines



شکل ۱- لایه دوگانه الکتریکی ذره باردار

شدت و قدرت بار الکتریکی و همچنین فاصله لایه‌ها، مقادیر نیروهای الکترو استاتیکی بین ذرات را مشخص می‌نماید.

سطح ذرات کلوئیدی به وسیله دو لایه مشخص یونی پوشیده می‌شود. لایه اشترن ثابت بوده و شامل یون‌های با بار مخالف سطوح الیاف می‌باشد. لایه بیرونی دارای پراکندگی بیشتری بوده و دارای یون‌های مثبت و منفی می‌باشد. پتانسیل زتا، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین لایه اشترن با سایر بخش‌های محلول می‌باشد. بیشتر بودن پتانسیل زتا به مفهوم افزایش نیروی دافعه ذره بوده که جهت دستیابی به ماندگاری پایدار، باید بر این نیروی دافعه غالب شد. بار سطحی ذرات کلوئیدی تأثیر زیادی بر نیروهای دافعه الکترو استاتیکی داشته که این نیروهای دافعه، مانع نزدیک شدن الیاف و ایجاد لخته و در نتیجه ته‌نشینی بر روی توری ماشین کاغذ می‌شوند. مقدار بار سطحی به طور مستقیم قابل اندازه‌گیری نبوده ولی می‌تواند از طریق اندازه‌گیری پتانسیل زتا نمایش داده شود. مکانیسم‌های ماندگاری مواد، بستگی کامل به بار سطحی ذرات در سوسپانسیون دارد (۵ و ۶).

نامیده می‌شود. بر روی لایه اشترن، یک لایه با نظم کمتر و پراکنده، به نام لایه گای - چاپمن<sup>۱</sup> قرار دارد. لایه اشترن به همراه لایه پراکنده، مجموعاً یک لایه دوگانه را بر روی سطح ذره به وجود می‌آورند (۵).

## ۲- پتانسیل زتای ذرات

یون‌های موجود در لایه اشترن، از طریق نیروهای الکترو استاتیکی<sup>۲</sup> و واندروالسی<sup>۳</sup> در مجاورت سطح ذرات قرار گرفته و به همراه ذرات جابه‌جا می‌شوند. یون‌های موجود در لایه گای - چاپمن، ارتباط قوی و مستحکم با سطوح ذرات باردار ندارند. بین لایه اشترن و لایه پراکنده، یک صفحه برشی هیدرودینامیکی<sup>۴</sup> وجود دارد. پتانسیل الکترو شیمیایی موجود در صفحه برشی، پتانسیل الکترو سینتیکی<sup>۵</sup> و یا پتانسیل زتا<sup>۶</sup> نامیده می‌شود. روش‌های معمول و متداول اندازه‌گیری بار الکتریکی سطوح، در واقع مقادیر مربوط به پتانسیل زتا را نشان می‌دهند.

- 1- Gouy-Chapman
- 2- Electrostatic
- 3- Van der waals
- 4- Hydro dynamic
- 5- Electrocinétique
- 6- Zeta potential

### ۳- روش های تعیین بار ذرات

#### ۳-۱- اندازه گیری پتانسیل زتا

پتانسیل زتا، اندازه‌ی غیر مستقیم دانسیته بار سطحی ذرات کلئیدی می‌باشد. اندازه‌گیری پتانسیل زتا بر اساس ارتباط بین پدیده‌های الکتریکی و جنبشی (الکتروسینیتیک<sup>۱</sup>) سامانه‌های کلئیدی می‌باشد.

#### ۳-۱-۱- اندازه‌گیری پتانسیل زتا با روش

##### الکتروفورز (۲)

الکتروفورز<sup>۲</sup> یا حرکت ذرات معلق مایع به وسیله جریان الکتریکی، بر اساس پدیده‌ای بوده که در آن، سرعت حرکت ذرات کلئیدی به سمت الکترودهای با بار مخالف، متناسب با پتانسیل زتا می‌باشد. با اندازه‌گیری تحرک ذرات کلئیدی بر حسب میلی‌متر بر ثانیه بر ولت بر سانتی‌متر (mm/s/v/cm) می‌توان پتانسیل زتا را که بیان‌کننده بار سطحی ذرات است با استفاده از رابطه هلمولتز-اسمولوچوسکی<sup>۳</sup> و با در اختیار داشتن تحرک الکتروسینیتیکی محاسبه نمود. رابطه هلمولتز-اسمولوچوسکی (رابطه ۱-۱۰) برای محاسبه پتانسیل زتا عبارتند از:

$$\zeta = \frac{\pi V_E}{\epsilon_r \epsilon_0 E} \quad \text{رابطه ۱}$$

پتانسیل زتا:  $\zeta$

تحرک الکتروسینیتیک:  $V_E$

ضرایب ثابت دی‌الکتریک:  $\epsilon_r \epsilon_0$

مقاومت میدان مغناطیسی:  $E$

تحرک الکتروفوریک<sup>۴</sup>:  $V_E/E$

بار سطحی ذرات، شدت نیروی یونی، هدایت الکتریکی و درجه حرارت، از عوامل مؤثر بر حرکت‌پذیری ذرات کلئیدی هستند.

#### ۳-۱-۱-۱- مزایا و معایب اندازه‌گیری پتانسیل زتا با

##### روش الکتروفورز

###### مزایا:

- اندازه‌گیری خواص ذرات به طور جداگانه و اختصاصی؛
- بهترین روش برای تعیین علامت بار ذرات.

###### معایب:

- لزوم جداسازی الیاف از نمونه‌ها در موقع اندازه‌گیری؛
- مشکل بودن اندازه‌گیری با میکروسکوپ<sup>۵</sup>؛
- امکان مطالعه و بررسی فقط برای ذراتی که به دلیل اندازه بزرگشان، در برابر نور واکنش نشان می‌دهند؛
- تأثیر سایر عوامل علاوه بر بار سطحی ذرات بر تحرک ذرات؛
- کاهش و یا توقف حساسیت اندازه‌گیری پتانسیل زتا در هدایت الکتریکی بالا؛
- عدم اندازه‌گیری بار زیاله‌های آنیونی محلول.

#### ۳-۱-۲- اندازه‌گیری پتانسیل زتا با روش پتانسیل

##### جریانی (۱)

پتانسیل جریانی<sup>۶</sup> در نتیجه جریان فاز مایع از روی ذرات کلئیدی ثابت به وجود می‌آید. این حرکت فاز مایع باعث تجمع یون‌های با بار مخالف در قسمت دیگر جریان شده و پتانسیل جریانی ایجاد می‌شود. مقدار پتانسیل جریانی برای اندازه‌گیری پتانسیل زتا به کار گرفته می‌شود (شکل ۲).

1- Electrophoresis

2- Electroforus

3- Helmholtz-Smoluchowski

4- Electrophoretic

5- Microscop

6- Streaming potential

ویسکوزیته سیال:  $\eta$

ثابت دی الکتریک سیال:  $\epsilon$

اختلاف فشار سیال در دو طرف ستون خمیر:  $\Delta P$

۱-۲-۱-۳- مزایا و معایب اندازه‌گیری پتانسیل زتا با روش پتانسیل جریانی

مزایا:

- اندازه‌گیری پتانسیل تمامی نمونه خمیر؛
- نتایج به دست آمده به طور غیرمستقیم نشان‌دهنده بار سطحی ذرات هستند؛
- برای تعیین نوع بار ذرات، روش مناسبی است؛
- این روش می‌تواند به صورت پیوسته به کار گرفته شود.

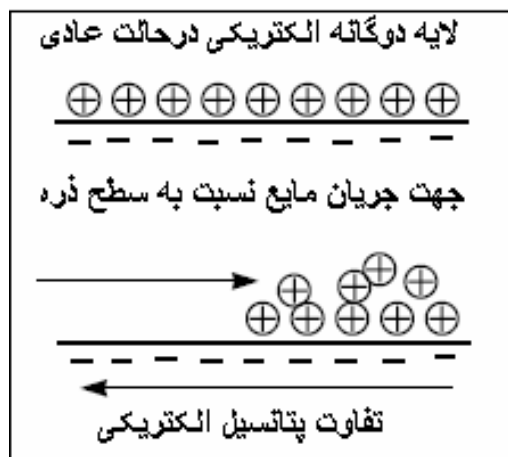
معایب:

- فقط میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده نمایش داده می‌شود؛
- ذرات ریز به دلیل عدم جذب توسط لایه خمیری ایجاد شده در توری، دخالتی در نتایج اندازه‌گیری ندارند؛
- پتانسیل جریانی فقط مربوط به بار سطحی ذرات نبوده و به عوامل دیگر نیز بستگی دارد؛
- در این روش، مقادیر زباله‌های آنیونی اندازه‌گیری نمی‌شوند.

#### ۴- زباله‌های آنیونی

##### ۴-۱- ماهیت زباله‌های آنیونی

ترکیبات مزاحم و یا به عبارت دیگر زباله‌های آنیونی، ترکیبات کلوئیدی و محلول<sup>(DCS)</sup> موجود در سامانه آب‌سفید هستند که در شیمی تر ساخت خمیر و کاغذ دخالت می‌کنند. DCS می‌تواند ماهیت آلی و معدنی داشته باشد. مواد غیر آلی یا معدنی با مواد شیمیایی



شکل ۲- منشأ ایجاد پتانسیل جریانی

عوامل مؤثر در مقدار پتانسیل جریانی عبارتند از:

- بار سطحی و در نتیجه پتانسیل زتای ذرات؛
- غلظت نمک‌ها و هدایت الکتریکی. غلظت زیاد یون‌ها باعث کاهش ضخامت لایه دوگانه یون‌ها شده، در نتیجه تمایل به تغییر شکل یون‌ها در نتیجه حرکت جریانی مایع کمتر شده و پتانسیل جریانی ایجاد شده نیز کم است؛
- نوع یون‌های موجود در سامانه. یون‌های با ظرفیت بالا باعث منقبض و کم کردن لایه دوگانه شده و در نتیجه مقادیر پتانسیل جریانی، به مقدار زیادی کاهش می‌یابد؛
- درجه حرارت. درجه حرارت بالاتر باعث کاهش ایجاد پتانسیل جریانی می‌شود؛
- سرعت جریان محلول. هرچه سرعت جریان محلول بیشتر گردد، پتانسیل جریانی ایجاد شده بیشتر می‌باشد. مقدار پتانسیل زتا با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\zeta = \frac{\Delta P}{\epsilon \eta} C (SP) \quad (2)$$

پتانسیل زتا:  $\zeta$

پتانسیل جریانی: SP

هدایت الکتریکی سیال: C

1- Viscosity

2- Dissolved and colloidal substances

مواد مضر که به طور کلی زباله آنیونی نامیده می شوند، منبع اصلی کاهش حرکت پذیری ماشین کاغذ است. بخشی از مواد استخراجی چوب تمایل به جذب بر روی نرمه ها دارند که قدرت اتصال، خصوصیات مقاومتی کاغذ کاهش می یابد. همچنین زباله آنیونی در فرآیند پالایش/کوبش<sup>۱۱</sup> اختلال ایجاد می کند، ماندگاری، آب گیری و تشکیل ورقه نامناسب تر می شود و در نهایت ویژگی های کیفیتی کاغذ مانند مقاومت کششی، ماتی، سفیدی و غیره کاهش می یابد. این اثرات مضر همچنین هزینه های تولید را افزایش می دهند. مشکلات در تمام مراحل تولید خصوصاً وقتی که حلقه های آب در ابعاد وسیعی بسته می شود، بدتر می شود و این ناخالصی ها در مراحل مختلف تولید ایجاد می شوند. پلی الکترولیت های کاتیونی<sup>۱۲</sup> به عنوان کمک نگه دارنده استفاده می شوند بین سطح با بار منفی نرمه ها و ذرات پرکننده با الیاف پل تشکیل می دهند که تحت تأثیر زباله های آنیونی موجود در آب سفید قرار می گیرند و این منجر به کاهش کارایی آن ها می شود (۹).

#### ۴-۳- مقابله با زباله های آنیونی و کاهش اثرات مضر آن

متداول ترین راه جلوگیری از اثرات منفی زباله های آنیونی، خشی سازی آن ها با استفاده از پلی الکترولیت های با وزن مولکولی کم ولی دانسیته<sup>۱۳</sup> بار زیاد و قبل از استفاده از مواد شیمیایی کمک نگه دارنده کاتیونی می باشد. مواد شیمیایی متداول برای خشی سازی زباله های آنیونی عبارتند از: آلوم<sup>۱۴</sup> و به خصوص برای فرایندهای اسیدی کاغذسازی، پلی آمین ها<sup>۱۵</sup> و یا پلی دی آلیل دی متیل آلومینیوم کلرید<sup>۱۶</sup> (Poly-DADMAC) برای تمامی دامنه های pH و به خصوص pH قلیایی مناسب است. برای

رنگبری و پرکننده ها یا مواد شیمیایی پوشش دهی بر روی ماشین کاغذ معرفی می شوند. بیشتر DCS مواد آلی هستند که از لیگنین، همی سلولز، مواد استخراجی چربی دوست ایجاد می شوند. با توجه به محدوده اندازه ذرات، DCS به مواد کلوئیدی<sup>۱</sup> (CS) یا مواد محلول<sup>۲</sup> (DS) دسته بندی می شوند. CS آن دسته از مواد پراکنده بزرگ تر از  $0.22 \mu\text{m}$  هستند که این مواد در واکنش های شیمی تر نقش دارند و منجر به پیچیدگی در سامانه می شود (۷).

مواد چسبناک CS به آسانی به توری دستگاه تصفیه و تجهیزات فیلتر<sup>۳</sup> متصل می شوند و باعث کاهش میزان ماندگاری و انسداد فیلتراسیون<sup>۴</sup> می شود. همچنین می تواند منجر به رسوب بر روی ماشین کاغذسازی و در نتیجه سبب شکستگی و ضعف وب تر شود. DS مواد پراکنده ای هستند که اندازه آن ها کم تر از  $0.22 \mu\text{m}$  است. آن ها عمدتاً کربوهیدرات های<sup>۵</sup> محلول و برخی پلیمرهای آنیونی هستند که می توانند با افزودنی های کاتیونی کاغذسازی مانند عوامل کمک نگه دارنده و عوامل کمک آب گیری واکنش نشان دهند. این مواد کارایی فیلتر<sup>۶</sup> را با محدود کردن خروج آب کاهش می دهد و باعث بدتر شدن اوضاع کل سامانه کاغذسازی می شوند (۸).

#### ۴-۲- مشکلات ناشی از وجود زباله آنیونی در سامانه

DCS شامل انواع زیادی از مواد مانند اسیدهای چرب، اسیدهای رزینی<sup>۷</sup> یا استرول ها<sup>۸</sup> و شامل پلیمرهای چوب به عنوان مثال، پلی ساکاریدها<sup>۹</sup>، لیگنین و یا پکتین<sup>۱۰</sup> است. برخی از این مواد باعث تشکیل رسوبات چسبنده می شود که می توانند حرکت پذیری ماشین کاغذ را کاهش دهد. در واقع

- 1- Colloidal substances
- 2- Dissolved substances
- 3- Filter
- 4- Filtration
- 5- Carbohydrate
- 6- Filter
- 7- Resin
- 8- Of sterol
- 9- Polysaccharide
- 10- Pectin

- 11- Beting
- 12- Cation
- 13- Density
- 14- Alum
- 15- Polyamine
- 16- Poly-diallyldimethylammonium chloride

خنثی‌سازی و کنترل زباله‌های آنیونی بهترین راه، تزریق مواد و پلیمرهای کاتیونی به جریان خمیر حاوی این ترکیبات (مثل خمیر برگشتی) می‌باشد.

#### ۴-۳-۱- مواد و روش‌ها

محدوده این تحقیق در ارتباط با تأثیر استفاده از پلی‌دادمک به عنوان خنثی‌کننده زباله‌های آنیونی بر ویژگی آب‌گیری خمیر و ماندگاری پرکننده و کل است. عوامل ثابت و متغیر به‌کار گرفته شده در این تحقیق مشخص و محدوده‌های آن تعیین گردیده است.

#### ۴-۳-۱-۱- عوامل ثابت

**الف - نوع خمیر کاغذ:** با توجه به ترکیب خمیر به‌کار گرفته شده در کارخانه صنایع چوب و کاغذ، برای تهیه کاغذهای دست‌ساز جهت مطالعه خواص ظاهری و مقاومتی کاغذ روزنامه و مطالعات مربوط به اندازه‌گیری ماندگاری ذرات ریز و مواد پرکننده و نیز قابلیت آب‌گیری از ترکیب ثابت مخلوط خمیرهای شیمیایی - مکانیکی (CMP) حاصل از چوب پهن برگان شمال ایران و خمیر الیاف بلند سفید کرافت وارداتی، با نسبت اختلاط ۶۰ به ۱۰ درصد وزن خشک استفاده شد.

**ب - ماده پرکننده کربنات کلسیم رسوبی:** برای تمامی آزمایش‌های مربوط به بررسی خمیر و نیز تهیه کاغذهای دست‌ساز روزنامه، به خمیر حاصل از اختلاط خمیر شیمیایی - مکانیکی و خمیر الیاف بلند سفید کرافت وارداتی، به مقدار ۳۰ درصد وزنی خمیر، ماده پرکننده معدنی کربنات کلسیم رسوبی<sup>۱</sup> (PCC) اضافه گردید.

**ج - پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی<sup>۲</sup>:** به‌عنوان ماده کمک نگه‌دارنده پلیمری به مقدار ۰/۲ درصد وزن خشک، به سوسپانسیون اضافه گردید.

#### ۴-۳-۱-۲- عوامل متغیر

**خنثی‌کننده‌های مختلف زباله‌های آنیونی:** از آن‌جا که خمیر شیمیایی - مکانیکی CMP با توجه به فرآیند تولید آن، اساساً دارای مقادیر وزنی زیادی از زباله‌های آنیونی بوده، از پلی‌دادمک (پلی‌دی‌آلیل‌دی‌متیل‌آمونیم‌کلراید) با جرم مولکولی ۱۰۰۰۰۰ و با  $M_w$  ۲ گرم در لیتر با سطوح (۰/۲۵، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵) درصد وزن خشک خمیر به عنوان خنثی‌کننده‌های زباله‌های آنیونی استفاده شد.

#### ۴-۳-۲- نحوه و ترتیب اختلاط مواد شیمیایی با خمیر

##### کاغذ

برای تمامی آزمایش‌ها، به خمیر حاصل از اختلاط خمیر شیمیایی - مکانیکی (CMP) و نیز خمیر الیاف بلند سفید کرافت، به مقدار ۳۰ درصد وزنی خمیر، ماده پرکننده کربنات کلسیم رسوبی اضافه شد. سپس ۰/۲ درصد وزن مجموع خمیر و مواد پرکننده، پلی‌اکریل‌آمید به مخلوط اضافه شد.

برای خنثی‌سازی و کم‌تر نمودن اثرات منفی زباله‌های آنیونی، پلی‌دادمک به سوسپانسیون قبل از افزودن کمک نگه‌دارنده اضافه شد.

#### ۴-۳-۳- روش‌ها

##### ۴-۳-۳-۱- پالایش خمیر کاغذ

پالایش خمیر کاغذ مطابق استاندارد تاپی<sup>۳</sup> به شماره - T248sp انجام شد. درجه روانی مورد نظر در این تحقیق برای خمیر CMP ۳۵۰-۴۰۰ (CSF, ml) و برای خمیر الیاف بلند (CSF, ml) ۵۵۰-۵۰۰ در نظر گرفته شده بود.

1- Calcium deposits

2- Cationic polyacrylamide



شکل ۳- دستگاه پتانسیل زتا

### ۳-۳-۳-۲- اندازه گیری درجه ی روانی خمیر کاغذ

طبق استاندارد شماره ی ۸۵-om-277 آئین نامه ی تاپی با توجه به درصد خشکی خمیر مورد نظر، معادل ۳ g خمیر خشک توزین شده و الیاف آن توسط دستگاه بازکننده ی الیاف باز گردید.

### ۳-۳-۳-۴- تهیه کاغذ دست ساز

برای تهیه کاغذ دست ساز از استاندارد T205 SP-02 آئین نامه تاپی استفاده شد. در هر تیمار تعداد ۱۰-۷ عدد کاغذ با وزن پایه ۶۰ گرم بر مترمربع ساخته شد و با توجه به اینکه مساحت توری ساخت کاغذ ۲۰۰ سانتی مترمربع بوده است، بنابراین حداقل به ۱/۲ گرم خمیر خشک برای ساخت هر کاغذ نیاز بود. بعد از ساخت، کاغذهای دست ساز پرس شدند و برای ۱ یا ۲ روز با قرار گرفتن کاغذها در داخل رینگ های پلاستیکی خشک شدند.

### ۴-۳-۳-۴- پرس کردن

عمل پرس کردن مطابق با استاندارد SCAN C۲۶:۷۹ انجام می شود. پرس طی دو مرحله زمانی ۱۲۰ و ۳۰۰ ثانیه تحت فشار ۳۴۵ کیلو پاسکال<sup>۱</sup> اعمال می گردد.

### ۴-۳-۳-۵- اندازه گیری زمان آب گیری از خمیر کاغذ

زمان آب گیری از خمیر کاغذ، طبق استاندارد تاپی به شماره 99-221 cm اندازه گیری شد.

### ۴-۳-۳-۶- تعیین پتانسیل زتای محلول صاف شده

پتانسیل زتای ذرات خمیر کاغذ با دستگاه پتانسیل زتا مدل ZEN3600، موجود در دانشکده داروسازی دانشگاه تهران اندازه گیری شد (شکل ۳).

### ۴-۳-۳-۷- آنالیز اندازه ذرات

این دستگاه به کمک روش<sup>۲</sup> اندازه ذرات و مولکول های موجود در محلول را به طور دقیق، قابل اطمینان و تکرارپذیر در مقیاس ۰/۶ تا ۶ میکرومتر تعیین می کند.

### ۴-۳-۳-۸- مقدار درصد خاکستر موجود در کاغذ

مقدار خاکستر موجود در ورقه های دست ساز بر اساس استاندارد T413om-93 آئین نامه تاپی با سوزاندن نمونه ها در کوره با دمای  $525 \pm 25$  و به مدت ۶۰ دقیقه و با اندازه گیری مقدار خاکستر باقی مانده پس از سوختن و در اختیار داشتن وزن اولیه نمونه ها، محاسبه شد.

### ۴-۳-۴- دستاورد

### ۴-۳-۴-۱- نتایج بررسی تأثیر استفاده از سطوح مختلف پلی دادمک ۱۰۰۰۰۰ بر پتانسیل زتا

در این بخش نتایج مربوط به تأثیر استفاده از سطوح مختلف پلی دادمک بر پتانسیل زتای محلول صاف شده سوسپانسیون<sup>۳</sup> (FA) بعد از افزودن سایر افزودنی ها و محلول صاف شده خمیر CMP پس از افزودن پلی دادمک (FB) و قبل از افزودن سایر افزودنی ها ارائه شده است (جدول ۱).

1- Kilo becquerel

2- Non-Invasive back scatterNIBS



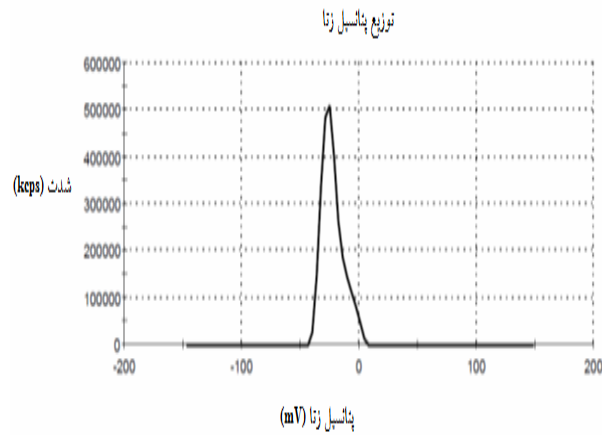
جدول ۱- ویژگی‌های محلول صاف شده پس از افزودن

سطوح مختلف پلی‌دادمک

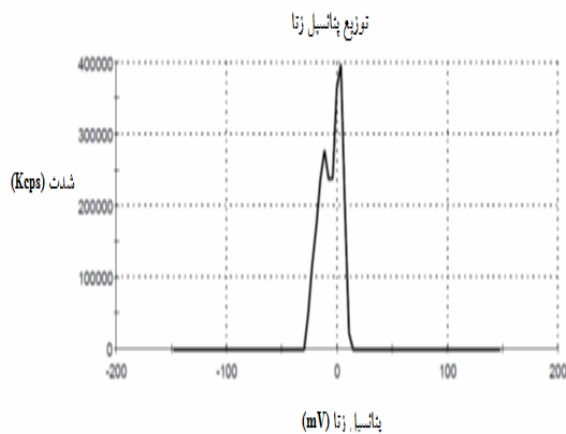
پتانسیل	پتانسیل	سطوح مصرف
زتای تیمار	زتای تیمار	خشتی‌کننده‌ها
$F_A$	$F_B$	
-۲۲/۵	-۲۲/۵	خمیر شاهد
-۱۷/۵	-۲۱/۹	۰/۰۲۵ پلی‌دادمک
-۱۱/۲	-۲۰/۳	۰/۰۵ (۱۰۰۰۰۰٪)
-۱۰/۴	-۱۷/۳	۰/۱
-۶/۳۲	-۱۵/۷	۰/۱۵

۴-۳-۱-۱-۴- پتانسیل زتا

در سامانه‌های پایانه تر واقعی، با توجه به زیاد بودن قابلیت هدایت الکتریکی آب سفید و حضور مواد مزاحم آنیونی، افزایش پتانسیل زتا به سمت صفر با کندی صورت می‌گیرد. تغییرات پتانسیل زتا زمانی که از خشتی‌کننده به تنهایی استفاده شده، نسبت به حالتی که علاوه بر خشتی‌کننده، عامل کمک‌نگه‌دارنده هم استفاده شده، کم‌تر است. وقتی خشتی‌کننده‌های مختلف به سامانه اضافه می‌شوند توسط زباله‌های آنیونی گرفتار شده و صرف

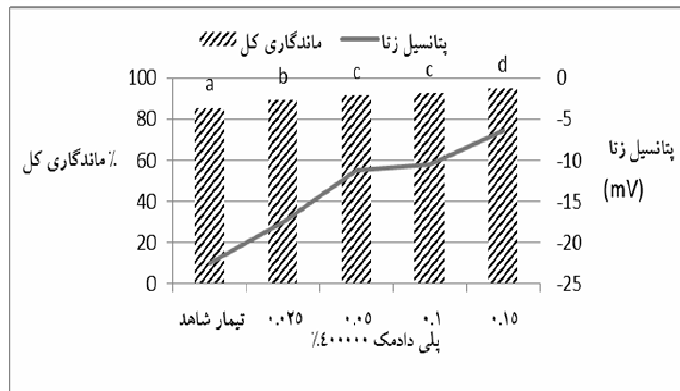
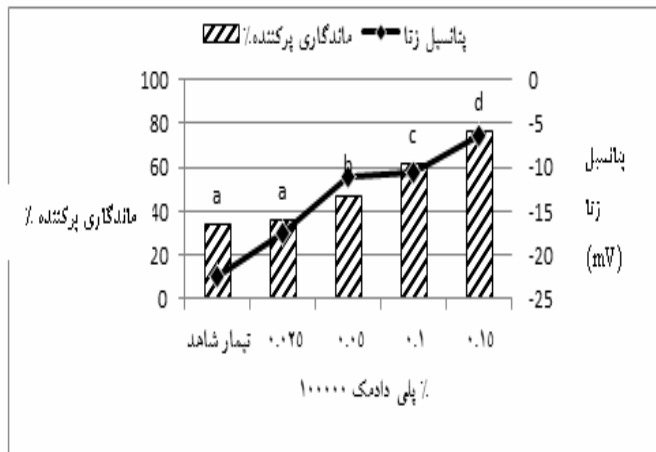
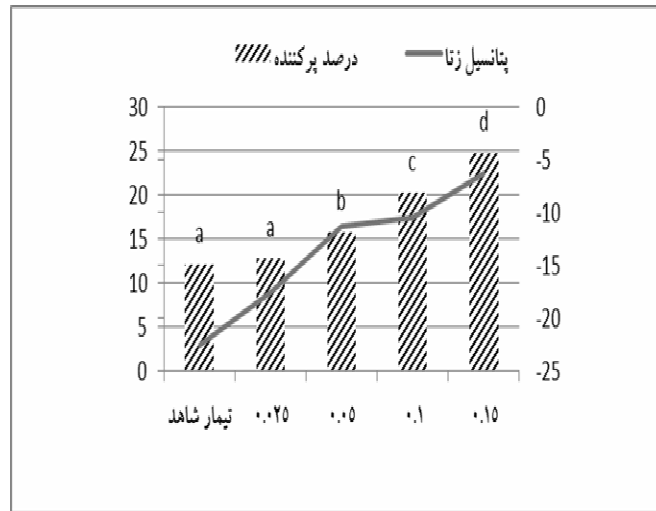


نمودار ۱- پتانسیل زتای تیمار شاهد



نمودار ۲- پتانسیل زتای نمونه FA با افزودن ۰/۱۵٪ پلی‌دادمک





#### نمودار ۴- اثر سطوح مختلف پلی‌دادمک بر زمان درصد پرکننده باقی‌مانده در کاغذ، ماندگاری پرکننده و کل

پلی‌دادمک با کاهش پتانسیل زتای ذرات مانند یک ماده افزایش ماندگاری عمل می‌کند و موجب می‌شوند که ذرات کلوتیدی به هم نزدیک شوند و دلمه تشکیل دهند. این ترکیبات موجب کاهش پتانسیل زتای ذرات به سمت صفر می‌شود که باعث به حداکثر رساندن جذب نرمه‌ها و پرکننده‌ها به سطح الیاف و افزایش ماندگاری کل (الیاف، نرمه‌ها و پرکننده) می‌شوند. همچنین با

خشی سازی زیاله های آنیونی موجود در سامانه باعث بهبود عملکرد عوامل کمک نگه دارنده کاتیونی می شود.

## ۶- منابع

۱. خسروانی، ا. "بررسی امکان استفاده از سیستم نانوسیلیکای آنیونی- نشاسته کاتیونی به منظور بهره گیری از پرکننده بیشتر در کاغذهای ظریف". پایان نامه دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۲۶ ص. ۱۳۸۷.
۲. همزه، ی، رستم پور، ا. اصول شیمی کاغذسازی. انتشارات دانشگاه تهران. تهران. ۱۳۷۸.
3. M. Cadena. J. Garcia. T. Vidal. A. L. Torres. Determination of zeta potential and cationic demand in ECF and TCF bleached pulp from eucalyptus and flax, Influence of measuring conditions. Received: 30 July 2008/ Accepted: 19 January 2009 / Published online: 4 February 2009.
4. I. Clemencon, and A. Gerli, "The effect of flocculant/ microparticles retention programs on floc properties, Nord". Pulp Pap. Res. J., 14(1), p.23-2. 1999.
5. Bliss, Screening. Pulp and Paper Manufacturer, 3<sup>rd</sup> Edition, Vol. 6, Stock Preparation, TAPPI, Atlanta, 311 p. A. 1990.
6. Carlson, Proceedings XXIV eucepa conference, EUCEPA, Stockholm, 161p. 1990.
7. Zhang, X., BEATSON, R.P., CAI, Y.J., SADDLER, J.N. "Accumulation of specific dissolved and colloidal substances during white-water recycling affects paper properties". JPPS 25(6):206-211. 1999.

## آدرس نویسندگان

استان مازندران- ساری- بلوار پاسداران- رویروی  
بیمارستان نیمه شعبان- کوی رضوان- کوچه شهید  
مقدم فر- بن بست اول- سرنش- جنب نانوايي  
امامی- ساختمان سه طبقه- منزل شخصی آقای  
اکبری.

## ۵- نتیجه گیری

روش های بسیاری جهت اندازه گیری بار وجود دارد و بنابراین انتخاب بهترین روش برای یک کاربرد خاص سخت خواهد بود. در بسیاری از منابع، کاربردهای اندازه گیری پتانسیل زتا و همچنین نیاز کاتیونی توصیف شده است، با این حال همچنان در خصوص اینکه هر یک از این اندازه گیری ها چه اطلاعاتی ارائه می کند و این اطلاعات چگونه مورد استفاده قرار گیرد، ابهاماتی وجود دارد. بهترین راه حل، استفاده از هر روش در شرایط مناسب آن است. افزایش مواد محلول و کلوئیدی و یا به اصطلاح زیاله های آنیونی با بسته شدن سامانه های آب سفید کارخانه های کاغذ باعث نگرانی است که بر تعادل یونی سامانه تأثیر منفی می گذارد و باعث کاهش کارایی عوامل کمک نگه دارنده کاتیونی، افزایش مصرف مواد شیمیایی و همچنین افزایش هزینه های تولید می شود. غلظت زیاد زیاله آنیونی منبعی برای رشد میکروبی است. این آلاینده ها به خصوصیات فیزیکی کاغذ نیز آسیب می زنند و کیفیت محصول نهایی را از طریق حضور آلودگی، لکه یا سوراخ کاهش می دهند. تجمع زیاله های آنیونی با استفاده از عوامل تثبیت کننده فناوری امیدبخش برای حذف زیاله های آنیونی از صفحه کاغذ است. در این تحقیق از پلی دادمک به عنوان خشی کننده زیاله های آنیونی استفاده شده و نتایج نشان داد که با کاهش پتانسیل زتا به سمت صفر، می توان آب گیری از خمیر را بهبود بخشید و سرعت تولید را افزایش داد. همچنین با خشی سازی زیاله ها عملکرد عوامل کمک نگه دارنده بهبود یافته و ماندگاری (نرمه ها، پرکننده و کل) افزایش می یابد که می توان مصرف مواد اولیه و هزینه های تولید را کاهش داد.