

# قابلیت کاربرد نانو زئولیت‌ها در کنترل مسائل زیست محیطی صنایع کاغذسازی

علیقه‌نقی پور رستاقی، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی مازندران

حسین جانلی نرشیری، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی مازندران، زیراب، گروه مهندسی فناوری سلولز و کاغذ

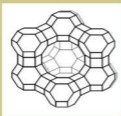
رسیدن به توسعه پایدار و استقلال ملی مستلزم بکارگیری بهینه منابع و فناوری‌ها بویژه فناوری‌های نوین است. تولید و مصرف کاغذ در هر جامعه‌ای معرف سطوح بالندگی در زمینه‌های فرهنگی، علمی، بهداشتی و توسعه اقتصادی است. ایران با دارا بودن پتانسیل‌های لازم در زمینه تولید کاغذ و مواد سلولزی، نیازمند به روزسازی و منطبق کردن صنایع کاغذ با معیارها و الزامات زیست محیطی است. فناوری نانو و کاربرد نانو مواد در صنعت کاغذ دارای پیشینه‌ای طولانی است و از جمله نانومواد قابل کاربرد در این صنعت، بویژه در کاهش مشکلات زیست محیطی؛ زئولیت‌ها است که از ذخیره کانی بالایی نیز در کشور برخوردارند. زئولیت‌ها به دلیل ویژگی‌های ساختاری جالب خود از قدرت جذب بالایی برای آلاینده‌های زیست محیطی صنایع کاغذسازی برخوردارند.



نانو تکنولوژی بعنوان یک فناوری سودمند کاربردی که از همگرایی ایجاد ساختارهایی که نظم مولکولی کاملاً جدیدی دارند را فراهم می‌آورد، مانده اصلاح شده در مقیاس نانو، خصوصیات جدید و مفیدی را دارا می‌گردد که قبلاً در آن مشاهده نمی‌شد [۱۳]. امروزه بهره‌گیری



تصویر ۱: زینت نوع فلانسیست



تصویر ۲: زینت نوع V

از نانوذرات، نانوساختارها، فناوری‌ها و تجهیزات آزمایشگاهی مرتبط با فناوری نانو توسعه فراوانی یافته است. این فناوری در زمینه‌های مختلف کاربردهای گوناگونی یافته و موجب توسعه و تحولات بسیاری شده است. در زمینه کاندنسازی نیز پیش از سال ۱۹۸۰، استفاده از ذرات فوق به صورت آموزشی مطرح بوده و فقط گاهی جهت فرآوری آب و پساب و همچنین در مواردی به منظور کنترل مشکلات اسطفاک سطحی کاندز کاربرد داشته است. اما امروزه استفاده از ذرات نانو در پایانه کاندنسازی نیز گسترش بسیاری یافته است. به علاوه، بهره‌گیری از این ذرات در پوشش‌دهی کاندز و همچنین به منظور ایجاد سطوح کاندنسی ضد میکروب در مقیاس آزمایشگاهی مورد توجه قرار گرفته است [۳].

## ۲. فن آوری نانو و محیط زیست

کاربرد فن آوری نانو منجر به تغییراتی شگرف در استفاده از منابع طبیعی، انرژی و آب شده و پساب و آلودگی را کاهش خواهد داد. همچنین فن آوری جدید، امکان بازیابی و استفاده مجدد از مواد اسرزی و آب را فراهم خواهد کرد. در زمینه محیط زیست، علوم و مهندسی نانو، می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای در ترک مولکولی فرایندهای مقیاس نانو که در طبیعت رخ می‌دهد تاثیر بگذارد. این فن آوری می‌تواند در درمان مسائل زیست محیطی از طریق کنترل انتشار آلاینده‌ها، در توسعه فن آوری‌های (سبز) که محصولات جانی ناخواسته کمتری دارند، استفاده شود. لازم به ذکر است، فن آوری نانو توان حذف آلودگی‌های کوچک از منابع آبی و هوا و اندازه‌گیری مداوم آلودگی در مناطق بزرگ را دارد [۴]. فن آوری نانو نقش عمده‌ای در توسعه محصولات جدید جایگزین مواد شیمیایی با بهبود عملکرد و صرفه جویی در هزینه‌های بالقوه دارد که کاهش مصرف مواد برای محیط زیست مفید است. همچنین فناوری نانو امکاناتی برای سازماندهی و توسعه فرایندهای تولید ارائه می‌دهد [۱۰].

تمام تلاش محققین این است که با کمک روش‌ها و فناوری‌های جدید بتوانند این مشکلات را کاهش دهند. مفهوم نانو فناوری به حدی گسترده است که بخش‌های مختلف علوم و فناوری را تحت تاثیر خود قرار داده و در عرصه‌های مختلف از جمله محیط زیست کاربردهای وسیعی یافته است. در این مقاله به بررسی کاربردهای متعدد فناوری نانو که شامل: (۱) استفاده از ذرات نانو ساختار در تصفیه آلاینده‌ها، (۲) رنگ زدایی از آب آشامیدنی، (۳) نمک زدایی از آب، (۴) نانو پوشش‌ها، (۵) نانو لوله‌های جاذب گازهای سمی، (۶) نانو پلیمرهای متخلخل، (۷) استفاده از نانو ذرات در تصفیه پساب‌ها، (۸) نانو فیلترها، (۹) حذف آرسنیک موجود در آب با استفاده از فناوری نانو و نهایتاً استفاده از آن در بهبود استفاده از پسماندهای کشاورزی و منابع طبیعی می‌پردازیم [۱۲].

## ۳. تاثیر فناوری نانو بر صنعت کاندز و محیط زیست

شناسایی و کنترل ترکیبات موجود در پساب واحدهای صنعتی در سال‌های اخیر اهمیت چشمگیری یافته تا جاییکه قوانین زیست‌محیطی مربوطه، روز به روز سخت‌گیرتر و دامنه میزان و نوع مواد خروجی با پساب به آب‌های روستحی و زیرسطحی محدودتر می‌گردد. امروزه فرایندهای جذب مواد آلاینده بر سطوح جاذب، روشی عمیق برای کنترل آلاینده‌ها در پساب است و در این راستا تلاش‌های زیادی برای توسعه جاذب‌ها و تثبیت کنندهای مواد آلاینده انجام گرفته است [۶]. امروزه با توجه به کاربرد فناوری نانو در عرصه‌های مختلف صنعتی، استفاده از نانوذرات در صنعت کاندنسازی جایگاه ویژه‌ای یافته و روز به روز، نوآوری‌ها و کاربردهای مربوط به آن گسترش می‌یابد [۱]. صنعت کاندز و مقوا سازی، صنعتی سرمایه بر است و زمان لازم برای به کارگیری فرایندهای جدید در آن بسیار زیاد است. با این شرایط، تعویض تجهیزات پر هزینه فقط هنگام بازسازی‌های عمده و راه‌اندازی خطوط تولید جدید انجام می‌شود. کلیه این فناوری‌ها از دهه ۸۰ آغاز شد و محصولات جدید، در دهه ۹۰ توسعه یافته‌اند. دیگر فناوری‌های در حال توسعه شامل استفاده از حفات‌های نانو کامپوزیتی برای استفاده در بسته‌بندی غذا و عایق‌های روغن و چربی است. فناوری نانو را



می‌توان پل ارتباط ماشین آلات کاغذسازی و سایر تجهیزات فرآیندی به شمار آورد می‌توان نانو فیلتراسیون را در تصفیه آب‌های فرآیندی (مورد استفاده در ماشین‌ها و دستگاه‌های آسیابی تولید کاغذ و مقوا) به کار برد و اثر نانو روکش‌های ضد خش برای تولید پرس‌ها و ساخت اجزای مختلف ماشین آلات کاغذ سازی استفاده کرد [۱۱]. اما قابل توجه آن است که صنعت کاغذسازی، به لحاظ مقدار مصرف ذرات نانو در مقیاس وسیع صنعتی پیشرو است [۱]. یکی از برنامه‌های کاربردی در صنعت کاغذ در کاهش تولید آلاینده‌های زیست محیطی است. اثرات زیست محیطی این صنعت تولیدی مصرف شدید آب و انرژی است که فناوری نانو با کاهش مصرف میزان انرژی و مواد مورد نیاز برای انجام کار مورد نظر می‌تواند کالا و خدمات را با ردهای زیست محیطی کوچکتری تهیه کند [۱۰]. از طرفی دلیل ماهیت شیمیایی فرایندهای خمیر کاغذسازی (فرایندهای تولید سولفات، سولفیت، حلال آلی و ...)، رنگبری و کاغذسازی، تولید پساب‌های حاوی ترکیبات نامسازگار با محیط زیست اجتناب ناپذیر است. از جمله موادی که در صنعت کاغذسازی می‌تواند به‌عنوان نانو مواد بر محیط زیست تاثیرگذار باشد نانو زئولیت‌ها هستند که البته کاربردهای متنوعی را دارا هستند که در ادامه به برخی از کاربردهایش اشاره می‌شود [۱۰].

#### ۵. کاربردهای زیست محیطی نانو زئولیت‌ها در فرایند کاغذسازی

ویژگی‌های جذاب زئولیت‌ها مانند ظرفیت تعویض یونی، شکل و عمل انتخابی آن، مقاومت در برابر درجه حرارت بالا، هزینه کم و مقاومت در برابر محدوده وسیعی از شرایط شیمیایی، آنها را جهت کاربرد ماده جاذب، مستعد ساخته است. زئولیت‌ها به دلیل ساختار متخلخل خود، قابلیت جای دادن کاتیون‌ها و مولکول‌های آب را در خود داشته و پدیده تعویض یونی که یکی از ویژگی‌های زئولیت‌ها است بدون تغییر ساختاری میسر می‌گردد.

مواد متخلخل زئولیت دارای مزیت‌های زیادی نسبت به  $\text{TiO}_2$ ،  $\text{MgO}$ ،  $\text{SiO}_2$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ، و دیگر نانومواد غیرآلی هستند که از جمله معروفترین این مزیت‌ها، می‌توان به تخلخل بالای آن اشاره کرد که همانند تله عمل کرده و آلاینده‌ها را در دام می‌اندازد [۶].

مدیریت چرخه آب سفید در ماشین‌های کاغذسازی یکی از مسائل مهم است، مزاد آب سفید در مخازن خمیرسازی و ذخیره استفاده می‌شود. شرایط اسیدی، غالب پرکننده‌های کربنات کلسیم را در آب سفید حل می‌کند، این قضیه غلظت یون‌های کلسیم آزاد را در خمیر کاغذ هنگام ورود به ماشین کاغذ افزایش می‌دهد. بنابراین به‌منظور محدود کردن

می‌توان پل ارتباط ماشین آلات کاغذسازی و سایر تجهیزات فرآیندی به شمار آورد می‌توان نانو فیلتراسیون را در تصفیه آب‌های فرآیندی (مورد استفاده در ماشین‌ها و دستگاه‌های آسیابی تولید کاغذ و مقوا) به کار برد و اثر نانو روکش‌های ضد خش برای تولید پرس‌ها و ساخت اجزای مختلف ماشین آلات کاغذ سازی استفاده کرد [۱۱]. اما قابل توجه آن است که صنعت کاغذسازی، به لحاظ مقدار مصرف ذرات نانو در مقیاس وسیع صنعتی پیشرو است [۱]. یکی از برنامه‌های کاربردی در صنعت کاغذ در کاهش تولید آلاینده‌های زیست محیطی است. اثرات زیست محیطی این صنعت تولیدی مصرف شدید آب و انرژی است که فناوری نانو با کاهش مصرف میزان انرژی و مواد مورد نیاز برای انجام کار مورد نظر می‌تواند کالا و خدمات را با ردهای زیست محیطی کوچکتری تهیه کند [۱۰]. از طرفی دلیل ماهیت شیمیایی فرایندهای خمیر کاغذسازی (فرایندهای تولید سولفات، سولفیت، حلال آلی و ...)، رنگبری و کاغذسازی، تولید پساب‌های حاوی ترکیبات نامسازگار با محیط زیست اجتناب ناپذیر است. از جمله موادی که در صنعت کاغذسازی می‌تواند به‌عنوان نانو مواد بر محیط زیست تاثیرگذار باشد نانو زئولیت‌ها هستند که البته کاربردهای متنوعی را دارا هستند که در ادامه به برخی از کاربردهایش اشاره می‌شود [۱۰].

#### ۴. زئولیت‌ها

واژه زئولیت به الومینوسیلیکات‌های کریستاله با خلل و فرج‌های ریز شامل واحدهای چهار وجهی اتملایق می‌شود [۶]. از لحاظ ساختاری، زئولیت‌ها چارچوب‌های الومینوسیلیکاتی هستند که بر مبنای یک شبکه سه بعدی بی‌نهایت وسیع  $\text{SiO}_4$  و  $\text{AlO}_4$  که بوسیله تمام اکسیژن‌ها به‌هم متصل‌اند، ساخته شده‌اند. فرمول‌ترین انواع زئولیت‌های سنتزی شامل  $\text{ZSM-5}$ ،  $\text{Y}$ ،  $\text{X}$ ،  $\text{A}$ ، و  $\text{Z}$  زئولیت‌های طبیعی شامل مورتیت، شایزیت، آنالیم، فاجاسیت و کلینوپتولیت است.

## خواندنی های علوم زمین

کشف ارتباط سرگردانی قطب های  
مغناطیسی زمین و توفان های کشنده

محققان ناسا هرگونه ارتباطی میان سرگردانی میدان مغناطیسی زمین با تشکیل توفان های سهمگین و رعد و برق های کشنده ای که زمین را به نابودی می کشاند، رد کرده اند. ارتباط میان آب و هوای زمین و میدان مغناطیسی آن از زمان توضیح دانشمندان درباره اثر آبروتوان ها یا توفان های که به واسطه جریان یافتن شدید رودهای اتمسفری، به ابزاری برنده برای افرادی تبدیل شده است که برای پیش بینی روز پایان زندگی بر روی زمین به دنبال دلیل می گردند. به اعتقاد برخی از این افراد به دلیل افزایش حرکات میدان مغناطیسی زمین به زودی تسونامی های بزرگ به همراه رعد و برق های کشنده در زمین فراگیر خواهند شد. به اعتقاد این افراد حرکت میدان مغناطیسی زمین به نسبت دلایل کربنی که به دقت تحت نظر دانشمندان قرار دارد، تاثیر شگرفی بر سیستم آب و هوایی زمین دارد. با این همه «کارول ریومن» ژئوفیزیکدان و دانشمند ارشد در لابراتوار اجترالی جت ناسا که در آن مأموریت های پروژه ماهواره های کنترل آب و هوایی زمین انجام می گیرد، معتقد است ارتباط دادن تمامی این رویدادها به یکدیگر کمی غیرعقلانی به نظر می آید. در واقع هیچ ارتباطی تایید شده علمی میان مفهومی به نام آبروتوان و آب و هوای زمین و میدان مغناطیسی آن وجود ندارد و شکل گیری شفق های شمالی نیز هیچ ارتباطی با موضوع تغییر میدان مغناطیسی زمین ندارد. این پدیده زیا که به طور عمده به رنگ سبز و در سیستم آب و هوایی نیمکره شمالی دیده می شود از این جهت با میدان مغناطیسی زمین در ارتباط است که به واسطه برخورد ذرات خورشیدی با میدان مغناطیسی زمین به وجود می آید. در واقع میدان مغناطیسی زمین نقش خنثی کننده این ذرات را به عهده داشته و زمین را از وزش بادهای خورشیدی حفظ می کند. به گفته ریومن سال ها است که برای یافتن ارتباط میان بارداری که وارد اتمسفر زمین می شوند و سیستم آب و هوایی زمین مطالعات گسترده ای صورت گرفته است، اما هیچ ارتباطی قابل استنادی به دست نیامده است. به گفته محققان، قطب های مغناطیسی زمین از محورهای چرخش آن مجزا هستند، حرکت قطب های مغناطیسی با موقعیت زمینی قطب شمال مغناز است. در اصل میدان مغناطیسی زمین به یک رشته آهن را شباهت دارد که از دو قطب متضاد برخوردار است. میدان مغناطیسی با چرخش زمین در هسته آن به وجود می آید و از این رو قطب های مغناطیسی زمین با قطب های فیزیکی آن در یک راستا قرار نمی گیرند. تحقیقات زمین شناسی که به منظور کنترل قطب مغناطیسی شمالی زمین انجام گرفته اند نشان می دهند که این قطب به آرامی در حال حرکت به سوی شمال کانادا است. تحقیقات جدیدتری که در سال ۲۰۰۱ به پایان رسیده است نشان می دهد این قطب با سرعت ۳۰ کیلومتر در سال به سوی شمال غرب حرکت می کند و از این رو انتظار می رود قطب شمال تا سال ۲۰۵۰ به سوی سیبری کشیده شود. بر اساس گزارش فاکس نیوز، ریومن می گوید حرکت قطب های میدان مغناطیسی زمین از گذشته برای دانشمندان آشکار شده است و آبروتوان ها نیز پدیده هایی هستند که همواره احتمال وقوع آنها وجود دارد. اما این دو پدیده هیچ ارتباط علمی و منطقی با یکدیگر ندارند.

اثرات مضر آنها حذف یون های کلسیم آزاد ضروریست. زئولیت در تبادل یونی ظرفیت بالایی دارد. به همین دلیل از آنها برای حذف یون کلسیم آزاد که سرسختی آب تاثیر می گذارد استفاده می شود. دانشمندان حذف یون های کلسیم آزاد به وسیله زئولیت به خوبی شناخته شده است [۸]. همچنین پرکننده نانو زئولیت ذرات کلوئیدی را در حین رنگبری جذب می کند و در نتیجه درصد مواد جامد حل شده کاهش یافته و کیفیت پساب (Waste Water) افزایش می یابد [۷].



## ۶. نتیجه گیری:

کاربرد فن آوری نانو منجر به تغییراتی شگرف در استفاده از منابع طبیعی، انرژی و آب شده و پساب و آلودگی را کاهش خواهد داد. امروزه فرآیندهای جذب مواد آلاینده بر سطوح جانبی، روشی عملی برای کنترل آلایندها در پساب است و در این راستا تلاش های زیادی برای توسعه جذبها و تثبیت کنندهای مواد آلاینده انجام گرفته است.

اگرچه استفاده از نانو ذرات زئولیت با توجه به خصوصیات جانبی خود در صنعت کالغذاسازی در مراحل ابتدایی است و بیشترین کاربرد این ماده در صنعت کالغذاسازی در کشور ژاپن گزارش می شود. اما با توجه به ویژگی ها و پتانسیلی که این ماده دارد و همچنین با توجه به اینکه ایران از منابع غنی زئولیت در مناطق مانند سمنان، میانه، شاهین دژ، مله، ملقان، طیس، کرمان، زاهدان و غیره برخوردار است، انجام تحقیقات بر روی انواع این ماده جهت شناسایی بیشتر قابلیت های کاربردی این مواد در صنایع کالغذاسازی امری ضروریست [۵].