فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۳۶ ، بهار ۹۵

فناوری نانو وکاهش آلاینده‌های هوا

نرگس عرب[۱]*

Narges.arab87@gmail.com

سارا حقیقی منش[۲]

چکیده

امروزه مشکلات ناشی از آلودگی محیط‌زیست به موضوع مهمی تبدیل شده است. آلودگی‌های محیط‌زیستی که عمدتاً توسط سموم به وجود می‌آید شامل آلودگی آب، هوا و خاک می‌باشد. نتایج این آلودگی‌ها نه تنها باعث نابودی تنوع زیستی می‌شود؛ بلکه سلامت انسان را نیز به خطر می‌اندازد. فن‌آوری نانو مزایای بسیاری در بهبود فن‌آوری‌های محیط‌زیستی موجود ارایه می‌کند و فن‌آوری‌های جدیدی را به وجود می‌آورد که بهتر از تکنولوژی‌های فعلی است. در این راستا نانوتکنولوژی دارای سه قابلیت اصلی است که می‌تواند در زمینه محیط-زیست مورد استفاده قرار گیرد؛ از جمله اصلاح (پاکسازی) و تصفیه آلودگی، تشخیص آلودگی و جلوگیری از آلودگی. پیشرفت در علم و مهندسی در مقیاس نانو نشان می‌دهد که بسیاری از مشکلات کنونی در ارتباط با کیفیت هوا به کمک این علم، حل شدنی است. این مقاله به بررسی امکان استفاده از نانو مواد در تصفیه هوا می‌پردازد و تمرکز بیش‌تری بر روی پیشرفت‌های اخیر در توسعه مواد و فرایندهای جدید در مقیاس نانو جهت کاهش آلاینده‌ها دارد.

کلمات کلیدی: نانو تکنولوژی، آلودگی هوا، محیط‌زیست.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد ارزیابی محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران *(مسئول مکاتبات).

۲- دانش آموخته کارشناسی محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

مقدمه

انتظار می‌رود در ۵۰ سال آینده جمعیت جهان ۵۰٪ و مصرف انرژی و مواد نیز رشد ۳۰۰٪ داشته باشد. تاکنون سطوح فزاینده تولید و مصرف، با دستاوردهای ما در زمینه فناوری‌های با بازده بیش‌تر و پاک‌تر، مقابله کرده است. از جمله این موارد می‌توان به تولید مواد زاید جامد شهری، اثرات محیط‌زیستی ناشی از وسایل‌نقلیه و آلودگی هوا اشاره نمود. فناوری نانو پتانسیل زیادی برای ارتقای محیط‌زیست از دو طریق طراحی صنعتی تمیزتر، و تولید محصولات سازگار با محیط زیست دارد. بنا به استفاده موثر از اتم‌ها و انرژی در سرتاسر سیکل تولید، فناوری نانو می‌تواند درکاهش آلودگی یا کاهش مصرف انرژی تولیدات، مشارکت کند (۱).

نانو تکنولوژی علم ساختمان اتم به اتم مواد جدید با خواص مورد نظر است که هنوز در آغاز راه خود در جهان قرار دارد و آینده بسیار روشنی برای آن پیش بینی می‌شود. این علم با کنترل مواد در مقیاس مولکولی، گشایش اسرار طبیعت در تمام عرصه‌ها را نوید می‌دهد. از جمله دستاوردهای فراوان این فن‌آوری، کاربرد آن در تولید، انتقال، مصرف و ذخیره‌سازی انرژی با کارآیی بالا و کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی است که تحول شگرفی را در این زمینه ایجاد می‌کند. فناوری نانو و کاربردهای آن از علومی است که به سرعت در حال پیشرفت می‌باشد. تقاضا برای آب آشامیدنی سالم و هوای پاک امروزه در حال افزایش است که فناوری نانو می‌تواند نقش موثری در بهبود وضعیت آن داشته باشد.

در جهان امروز که در آن صنایع، مدرن و پیشرفته شده‌اند، محیط‌زیست ما را از انواع مختلف آلاینده‌ها که از فعالیت‌های بشر یا فرایندهای صنعتی منتشر می‌شوند، فرا گرفته است. نمونه‌هایی از این آلاینده‌ها مانند مونوکسیدکربن (CO)، کلروفلوئوروکربن‌ها (CFCs)، فلزات سنگین(آرسنیک، کروم، سرب، کادمیوم، جیوه و روی)، هیدروکربن‌ها، اکسیدهای نیتروژن، ترکیبات آلی (ترکیبات آلی فرار و دیوکسین‌ها)، دی‌اکسیدگوگرد و ذرات ریز است.

فعالیت‌های بشر مانند سوزاندن و احتراق نفت و زغال سنگ و گاز پتانسیل قابل توجهی برای افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای از منابع طبیعی است(۲). علاوه بر آلودگی هوا آلودگی آب نیز ناشی از عوامل مختلفی ازجمله دفع زباله، نشت نفت، نشت کود، علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، مواد حاصل از فرآیندهای صنعتی و استخراج و احتراق سوخت‌های فسیلی می‌باشد(۳). بنابراین ما به نوعی تکنولوژی نیاز داریم که قادر به نظارت، شناسایی و درصورت امکان برطرف کردن آلودگی‌ها از آب و هوا و خاک باشد. در این زمینه فن‌آوری نانو طیف گسترده‌ای از قابلیت‌ها و تکنولوژی را به منظور بهبود کیفیت فعلی محیط‌زیست و برطرف کردن آلودگی هوا دارد (۴).

مواد نانو ذرات، بسیار کوچکی بوده و نسبت سطح به حجم آن‌ها بسیار بالاست به طوری‌که می‌توان آن را برای تشخیص آلودگی‌های بسیار حساس به‌کار برد(۵). همچنین فن‌آوری نانو برای جلوگیری از ایجاد آلودگی‌ها یا برای آلاینده‌های ایجاد شده درنتیجه استفاده از تکنولوژی مواد، صنایع و دیگر موارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین سه برنامه عمده فن‌آوری نانو در زمینه محیط‌زیست را می‌توان طبقه‌بندی کرد: ۱) مرمت (اصلاح) و پاکسازی محیط از مواد آلوده، ۲) تشخیص آلودگی (سنجش و تشخیص)، ۳) جلوگیری از آلودگی(۶،۷).

فن‌آوری نانو برای جذب گازهای سمی

گازهای سمی در محیط نیز می‌تواند توسط فن‌آوری نانو برطرف شود. برای مثال کاربرد فن‌آوری نانو در پاکسازی و زدودن گازهای سمی، روند جذب CNTs و ذرات طلا است. CNTs از آرایش شش ضلعی اتم‌های کربن در لایه گرافن تشکیل شده است که محور لوله را احاطه کرده‌اند. ارتباطی قوی بین دو حلقه بنزن دیوکسین و سطح نانو لوله وجود دارد(۸). علاوه بر این مولکول دیوکسین با تمام سطح نانو لوله به وسیله دیواری متخلخل به قطر ۲/۹ نانومتر در ارتباط است و امکان همپوشانی روی می‌دهد که پتانسیل جذب را در داخل خلل و فرج افزایش می‌دهد. همچنین مقاومت زیاد CNTs در برابر اکسیداسیون برای بازسازی جاذب در درجه حرارت بالا مفید است. CNTsها، هم نوعی نانو لوله‌های تک جداره (SWNTs) و هم چند جداره (MWNTs) مولکول‌های

منحصر به فردی هستند که دارای ساختاری یک بعدی، ثبات حرارتی و خواص شیمیایی استثنایی هستند (۹).

این نانو مواد نشان داده‌اند که پتانسیل خوبی به‌عنوان جاذب برتر برای حذف انواع مختلفی از مواد آلاینده آلی و معدنی هم در محیط آبی و هم در هوا هستند. ظرفیت جذب آلاینده‌ها توسط CNTs به‌طور عمده توسط ساختار منفذی و وجود طیف گسترده‌ای از گروه‌های عملکردی سطح نانولوله می‌باشد که می‌تواند با تیمار تغییر شیمیایی یا حرارتی برای وفق‌دادن CNTs به‌منظور داشتن عملکردی مطلوب به دست آید.

خواص الکترونیکی و ساختارهای منحصربه‌فرد آن‌ها پژوهشگران علاقه‌مند را مجذوب کرده است تا کاربردهای بالقوه SWNTs و MWNTs را افزایش دهند برای مثال گزارش شده است که SWNTs نوعی حسگر شیمیایی برای NO_2 و NH_3 است. بعد از اینکه این دو گاز منتشر شدند، مقاومت الکتریکی SWNTs تغییر چشمگیری پیدا کرد. SWNTs و MWNTs می‌توانند به‌عنوان ذخیره هیدروژن استفاده شوند. علاوه براین CNTs می‌تواند به عنوان نانوسیم کوانتومی، ساتع‌کننده میدان الکترونی، کاتالیزور و غیره استفاده شود(۹).

جذب دیوکسین

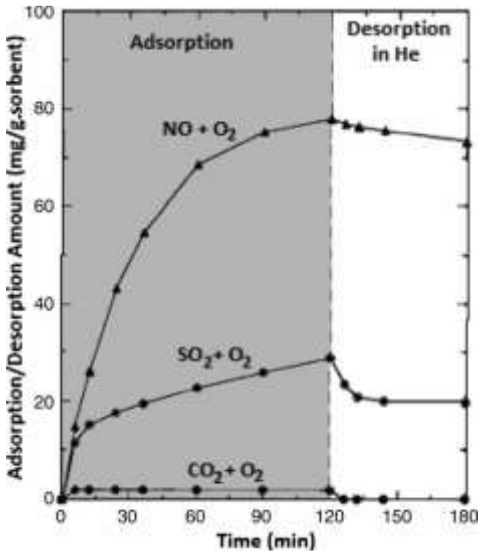
دیوکسین و ترکیبات مرتبط با آن (مثلا دی‌بنزوفوران‌های پلی‌کلرینه و بای‌فنیل‌های پلی‌کلرینه) آلاینده‌هایی پایدار و بسیار سمی هستند. Dibenzo-p-dioxinها یک خانواده از ترکیبات متشکل از دو حلقه بنزن هستند که توسط دو اتم اکسیژن به هم متصل شده‌اند. بین صفر تا هشت اتم کلر به حلقه متصل شده است. دی‌بنزوفوران ترکیبی مشابه است با این تفاوت که بین دو حلقه بنزن تنها یک اکسیژن رابط است. سمیت انواع دیوکسین‌ها بستگی به تعداد اتم کلر در آن‌ها دارد. دیوکسین فاقد اتم کلر یا دارای یک اتم فاقد سمیت است؛ درحالی‌که دیوکسین دارای بیش از یک اتم کلر سمی است. 2.3.7.8-Tetraklorodibenzeo-p-dioxin (TCDD) ترکیبی شناخته شده است که برای انسان سرطانزاست. دیوکسین همچنین سیستم ایمنی و غدد درون‌ریز و رشد جنین را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این ترکیبات عمدتا از احتراق ترکیبات آلی در زباله‌سوز تولید می‌شوند. غلظت ترکیبات تشکیل‌شده دیوکسین دراثر احتراق حدود ۱۰ تا ۵۰۰ نانوگرم بر- مترمکعب است. مقررات مربوط به تولید گازهای گلخانه‌ای دیوکسین پیچیده هستند و در کشورهای مختلف متفات است. بااین حال، به‌طور کلی لازم است غلظت دیوکسین به زیر ۱ نانو گرم بر- مترمکعب برسد. دو طرح انتقادی درمورد پیشگیری و کاهش دیوکسین منتشر شده است (۱۰،۱۱).

از سال ۱۹۹۱ از جذب کربن فعال‌شده به‌طور گسترده‌ای برای از بین بردن دیوکسین حاصل از زباله‌سوزها در اروپا و ژاپن استفاده شد. بهره‌وری حذف دیوکسین با استفاده از جاذب کربن فعال بسیار بیش‌تر از سایر جاذب‌ها نظیر clay,γ-Al2O3 و زئولیت‌ها است. با توجه به سمیت بسیار بالای دیوکسین جاذبی کارآمدتر از کربن فعال مورد نیاز است به‌طوریکه تولید گازهای گلخانه‌ای دیوکسین را به سطحی پایین‌تر کاهش می‌دهد. در این مورد لانگ و یانگ(۱۲) نشان دادند که ارتباط و تعامل دیوکسین با نانو لولهCNTs حدود سه برابر قوی‌تر از تعامل دیوکسین با کربن فعال است. اگرچه به طور مستقیم اشاره نشده است؛ نتایج نشان داد که CNTs به‌طور چشمگیری بهتر از کربن فعال و γ- Al_2O_3 برای از بین‌بردن دیوکسین است. این بهبود احتمالا به علت سطح منحنی شکل نانولوله در مقایسه با سطح صاف آن‌ها است که به نیروهای تعامل قوی‌تری بین دیوکسین و CNTs منجر می‌شود(۱۳).

جذب NO_x

تلاشی عمده در توسعه تکنولوژی برای ازبین‌بردن انتشار NO_x (مخلوطی از NO و NO_2) از احتراق سوخت‌های فسیلی انجام گرفته است. جاذب متداول مورد استفاده برای حذف NO_x در دماهای پایین شامل یون تبادلی زئولیت، کربن فعال و FeOOH پراکنده در فیبر کربن فعال است. NO که بتواند به‌طور مؤثری توسط کربن فعال با توجه به واکنش سطح عملکردی گروه جذب شود: در بین مقدار گونه‌های جذب شده هنوز قابل توجه نیست. لانگ و یانگ

(۱۴) متوجه شدند که نانو لوله‌های کربنی CNTs می‌تواند به‌عنوان جاذبی برای حذف NO باشد. نرخ جذب NO_x، SO_2 و CO_2 در نانو لوله‌های کربنی در دمای اتاق در شکل ۱ نشان داده شده است. مقدار جذب NO_x حدودا ۷۸میلی گرم بر CNTsگرم است. جذب NO_x ممکن است وابسته به ساختار منحصر به فرد، خواص الکترونی وگروه‌های عملکردی سطحی CNTs باشد. زمانی که NO و O_2 از CNTs عبور می‌کنند، NO به NO_2 اکسید می‌شود و سپس در سطح گونه‌های نیترات جذب می‌شود. این ایده توسط موکیدا(۱۵) و همکارانش داده شد. که اکسیداسیون NO به NO_2 را در دمای اتاق بر روی رشته‌های کربن فعال گزارش کردند. در مقایسه با NO یا NO_2، SO2 هم می‌تواند در نانو لوله CNTs جذب شود؛ حتی اگر نرخ جذب امیدوارکننده نباشد درحالی‌که CO_2 بسیار کم توسط CNTs جذب می‌شود.



شکل۱- نرخ جذب NO_x، SO_2 و CO_2 در نانو لوله‌های کربنی(۹)

جذب CO_2

جذب و ذخیره‌سازی دی‌اکسیدکربن تولید شده از نیروگاه‌ها سوخت فسیلی از زمان پروتکل کیوتو که در ۱۶ فوریه به اجرا در آمد، به‌طور چشمگیری مورد توجه قرار گرفت. فن‌آوری‌های مختلف جذب دی‌اکسیدکربن ازجمله جذب، جذب برودتی، غشا و سایر روش‌هاست. در میان این فن‌آوری‌ها، فن‌آوری‌های جذب- بازسازی، به‌عنوان توسعه یافته‌ترین فرایند شناخته شده است. این فرایند مبتنی بر جذب آمین یا فرایند جذب آمونیاک است. با این حال فن‌آوری‌های دیگر هم‌اکنون در سراسر جهان به علت زیاد بودن نیاز به انرژی برای فرایند جذب هنوز رایج است. کمیته دولتی تغییرات آب و هوا (IPCC) به این نتیجه رسیدند که طراحی یک فرایند جذب در مقیاس بزرگ ممکن است امکان‌پذیر باشد و توسعه نسل جدیدی از مواد که قادر به جذب مؤثر دی‌اکسیدکربن باشد بدون شک رقابت جداسازی جذبی را در برنامه گاز دودکش افزایش می‌دهد. این جاذب‌ها شامل کربن فعال، زئولیت، جاذب سیلیس، SWNTs و نانوسیلیکای مبتنی بر سبدهای مولکولی است. اصلاح شیمیایی CNTs پتانسیل خوبی برای جذب گاز گلخانه‌ای CO_2 دارد.

حذف ترکیبات آلی فرار از هوا

علاوه بر اکسیدهای نیتروژن و گوگرد، بسیاری از مواد شیمیایی توسط واکنش‌های جوی: مانند تشکیل دوده، اسید نیترو، ترکیبات پلی آروماتیک و ترکیبات فرار (VOCs) تشکیل شده‌اند. مقررات هوای پاک به‌طور فزاینده‌ای بر روی ذراتی که بر روی سلامت انسان به صورت بالقوه مضر هستند تمرکز کرده است.

بیش‌تر سیستم‌های پیشرفته تصفیه هوا براساس فوتوکاتالیست‌ها و جاذب‌هایی مانند فعال کننده کربن و ozonolysis (فرایند واکنشی گاز اوزون) پایه‌گذاری شدند. به هرحال، سیستم‌های معمولی برای برطرف کردن آلاینده‌های آلی در دمای اتاق، مفید نیستند. محققان ژاپنی در حال حاضر یک ماده جدیدی را توسعه داده‌اند که برای از بین بردن VOCها، نیتروژن و اکسیدهای گوگرد هوا در دمای اتاق خیلی موثر است (۱۶).

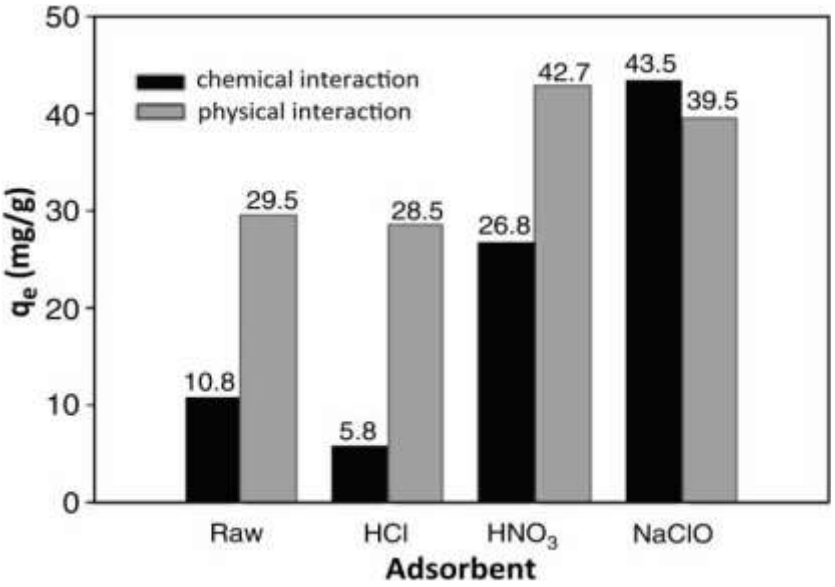
این ماده شامل اکسید منگنز بسیار متخلخلی است که با نانوذرات طلا پوشیده و کامل شده‌است. سین‌ها و سوزوکی، برای اثبات کارایی این کاتالیزور آزمایشی را با استفاده از سه ترکیب اصلی آلاینده آلی در هوای داخل ساختمان انجام دادند: استالدهید، تولوئن و هگزان. نتایج نشان داد که هر سه آلاینده در هوا توسط این کاتالیست در مقایسه با سیستم

کاتالیست‌های معمولی به‌طور بسیار مؤثری زدوده شده و تخریب شده است (۱۷). یک دلیل موفقیت، منافذ اکسید منگنز است که دارای سطح بسیار بزرگ‌تری نسبت به ترکیبات شناخته شده است. این سطح بزرگ باعث جذب بهتر مولکول‌های فرار است. علاوه بر این، آلاینده‌های جذب‌شده به‌طور مؤثری تجزیه می‌شود. تخریب در سطح به‌دلیل حضور رادیکال آزاد بسیار مؤثر است. حضور نانو ذرات طلا به کاهش موانع شکل‌گیری رادیکال کمک می‌کند که معمولاً بسیار بالا است. این فرایند امکان را برای بکارگیری دیگر نانو فلزات فراهم کرده است.

جذب ایزوپروپیل الکل

علاوه بر کاربرد به عنوان حلال، ایزوپروپیل الکل اغلب در تولید دستگاه‌های الکترونیک نوری و نیمه هادی نیز استفاده می‌شود. با توجه به عدم کنترل آلودگی هوا، بخار IPA بدون درمان و پاکسازی در اتمسفر منتشر شده است. انتشار بخار IPA می‌تواند به سلامت انسان به عنوان یک ماده تحریک کننده و سرطان‌زا آسیب برساند.

هسو و لو (۱۸)، مطالعه‌ای درباره SWNTهایی اکسیدشده بوسیله محلول HNO_3 و هیپوکلریت سدیم انجام دادند که به عنوان جاذب برای جذب بخار IPA استفاده شد. خواص فیزیکوشیمیایی SWNTs بعد از اکسید شدن توسط هیدروکلراید، HNO_3 و هیپوکلریت سدیم منجر به کاهش اندازه منافذ آن شد درحالی که مساحت سطح منافذ ریز، گروه‌های عملکردی سطحی و سطح فعال پایه بهبود (افزایش) یافته است. در نتیجه، SWCNTها قادر به جذب بیش‌تر بخار IPA از جریان هوا هستند. SWNT / هیپوکلریت سدیم بهترین عملکرد را به جذب IPA پس از $SWNTs / HNO_3$ دارا هستند. شکل ۲ ظرفیت جذب فیزیکی و شیمیایی IPA توسط جذب کننده‌های مذکور را در بالا نشان می‌دهد.



شکل ۲- ظرفیت جذب فیزیکی و شیمیایی IPA توسط جذب کننده (۹)

در طول فرایند جذب، IPA توسط واکنشهای فیزیکی و شیمیایی جذب شده است. جذب فیزیکی در اثر نیروهای-واندروالسی بین جاذب و مجذوب اتفاق می‌افتد در حالی که جذب شیمیایی در اثر واکنش‌های شیمیایی بین مولکول‌های جاذب و گروه‌های عملکردی سطح مجذوب صورت می‌گیرد. تمایز بین این دو فرآیند برای درک عواملی که میزان جذب را تحت تاثیر قرار می‌دهند بسیار مفید است. شکل ۲ ظرفیت جذب جاذب‌های فیزیکی) qep) و شیمیایی ((QEC IPA را با غلظت ورودی 500 ppmv نشان می‌دهد. بعد از اینکه SWNTs با استفاده از محلول HNO_3 و هیپوکلریت سدیم، اکسید شدند، میزان qep از ۲۹/۵ میلی گرم/گرم به ۴۲/۷ و ۳۹/۵میلی گرم/گرم به ترتیب افزایش یافته است، و qec از ۱۰/۸ میلی گرم/گرم به ۲۶/۸و ۴۳/۵ میلی گرم/گرم به ترتیب افزایش یافته است(۴۵).

فن‌آوری نانو برای حسگرها و آشکارسازهای آلودگی

مدت زیادی است که دانشمندان متوجه شده‌اند که قرارگرفتن درمعرض ذرات معلق و فلزات سنگین می‌تواند باعث مشکلات بهداشتی و بیماری‌هایی نظیرناراحتی قلبی، سرطان ریه و غیره شود. در مناطق شهری اندازه ذرات به‌طور معمول در حدود ۱۰۰-۳۰۰ نانومتر است(۴۶)؛ درحالی که فلزات سنگین می‌تواند در محدوده‌های مختلفی از غلظت یافت شود. درضمن، فلزات سنگین نمی‌توانند توسط میکروارگانیزم‌ها شکسته شوند (یعنی آن‌ها زیست‌تخریب‌پذیر نیستند)(۴۸). مقدار زیاد مشکلات بازیابی فلزات سنگین آلوده زمین، فشار را روی حسگرها افزایش می‌دهد که بتوانند یون‌های فلزات سنگین را قبل از این‌که غلظت آن‌ها به سطوح خطرناک برسد، تشخیص دهند.

حسگرهای سریع و دقیق که قادر به تشخیص آلاینده‌ها در سطح مولکولی هستند، ممکن است توانایی بشر را برای حمایت از سلامتی پایدار انسان و محیط‌زیست بالا ببرند. افزایش زیاد کنترل این فرآیند، پایش اکوسیستم و تصمیم‌گیری بر مبنای مسایل محیط‌زیستی درصورتی رخ می‌دهد که تکنولوژی تشخیص آلاینده‌ها در دسترس‌تر و ارزان‌تر باشد. یکی از تکنولوژی های مورد نظر، ابزار نظارت مستمر است که قادر به ارایه اطلاعات، به ویژه اطلاعات آلاینده‌ها تجزیه و تحلیل آن در زمان بسیار کوتاه است(۱۹). حسگر نانوکنتکت (Nanocontact) توسعه داده شده‌است و این حسگر پتانسیل تشخیص برخی از یون‌های فلزی را بدون نیاز به پیش تغلیظ دارد. به طور خاص، این حسگر برای تشخیص محل یون‌های فلزات سنگین مناسب است؛ از جمله عناصر رادیواکتیو. حسگر نانوکنتکت می‌تواند در اندازه کوچک و حالت اتوماتیک ساخته شود؛ به‌طوری‌که استفاده آن در محل یا قرار دادنش در زمین آسان باشد.

علاوه بر این، استفاده از این حسگرها ارزان قیمت و مقرون به صرفه است؛ چراکه آن‌ها با تجهیزات میکروالکترونیک متداول و با استفاده از روش‌های الکتروشیمیایی ساده ساخته شده‌اند(۱۹).

حسگرهای زیستی مبتنی بر فناوری نانو

حسگرهای زیستی مبتنی بر فناوری نانو و متشکل از بیومتریال‌ها توسعه یافته اند(۲۰،۲۱). در شمال غربی اقیانوس آرام آزمایشگاه ملی (PNNL)، وانگ و همکاران یک 'برچسب' نانوذره تولید کردند که قادر است توانایی حسگر را برای تشخیص و تفسیر سیگنال‌های نشانگر افزایش دهد (۲۲). رویکرد آن براساس روش الکتروشیمیایی ایمنی (immunoassay method) است. این روش شامل استفاده از آنتی‌بادی‌های خاص برای جذب نشانگرهای زیستی بیماری است. ارایه 'برچسب' در آنتی بادی ثانویه همراه با نانوذرات سیگنال‌های نشانگر را تقویت می‌کند. این افزایش سطح حساسی است که دقت آشکارساز را برای شناسایی غلظت نشانگرهای زیستی در نمونه‌های بیولوژیکی بهبود خواهد داد.

نانوسیم ها و حسگرهای مبتنی بر نانولوله

نانوسیم یا نانولوله‌ها قابلیت‌های فوق العاده‌ای را به‌عنوان حسگر زیستی مواد شیمیایی و بیولوژیکی از خود نشان می‌هند. SWNT ها پاسخ سریع‌تر و حساسیت بالاتری در مقایسه با

پروب‌های معمولی که در حال حاضر در تشخیص مولکول‌های گاز مانند NO_2 و NH_3 استفاده می‌شوند، از خود نشان داده‌اند (۲۳). در این مورد، مولکول‌های گاز به طور مستقیم به سطح SWNTها پیوند می‌خورند و بر مقاومت الکتریکی حسگر موثرند. استفاده دیگر SWNTها به عنوان حسگری است که قادر به دستیابی با حساسیت سنجش بالا در دمای اتاق است.

به‌طورکلی، حسگرهای جامد معمولی در حرارت ۲۰۰-۶۰۰ درجه سانتی‌گراد عمل می‌کنند. اگر چه SWNTها جایگزین بسیار امیدوارکننده نانوحسگرها هستند؛ اما آن‌ها دارای برخی از محدودیت‌ها هستند. اول اینکه روش فعلی سنتز SWNT مخلوطی از نانولوله‌های فلزی و نیمه هادی تولید می‌کند و نانولوله تنها ماده‌ای است که می‌تواند به عنوان یک حسگر استفاده شود. دوم، به منظور شناسایی گونه‌های مختلف شیمیایی و بیولوژیکی، سطح نانولوله باید با یک گروه شیمیایی عملکردی خاص اصلاح شود. علاوه بر این، انعطاف‌پذیری تشخیص شیمیایی متکی به نوع گروه کاربردی است که بر روی سطح نانولوله آغشته است. در مقابل، برخی از نانوهای نیمه هادی مانند نانوسیم‌سی (SiNW) این نوع محدودیت را ندارند. SiNWs آغشته به فلز بور (Boron-doped) برای تشخیص پروتئین و آنتی بادی در زمان واقعی تشخیص الکتریکی استفاده می‌شوند. اندازه کوچک و توانایی نانوسیم نیمه هادی برای تشخیص بسیاری از انواع آنالیت‌ها در حسگرهای زمان واقعی می‌تواند به منظور توسعه آشکارسازهای مواد شیمیایی و بیولوژیکی مورد استفاده قرار گیرد که در هوا، آب و مواد غذایی باعث بیماری زایی هستند (۲۴،۲۵).

فناوری نانو برای پیشگیری از آلودگی

پیشگیری از آلودگی اشاره دارد به کاهش منابع آلودگی و شیوه‌های دیگری که به طور مؤثری مواد خام، انرژی، آب و برق و دیگر منابع را به منظور کاهش یا از بین بردن زباله به کار می‌گیرد. فناوری نانو استراتژی‌های نو بسیاری را به منظور کاهش تولید زباله در فرآیندهای مختلف از جمله بهبود فرآیندهای تولید، کاهش مواد شیمیایی خطرناک، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش استفاده از پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر ارایه می‌دهد.

مواد سازگار با محیط‌زیست

(مواد سازگار با محیط‌زیست) فناوری نانو قادر به ایجاد ماده سازگار با محیط‌زیست یا موادی است که به طور گسترده‌ای جایگزین مواد سمی شوند. به‌عنوان مثال، بلور مایع صفحه نمایش (LCD) کامپیوتر که انرژی کارآمدتر بوده و کم‌تر سمی است تا حد زیادی جایگزین لوله‌های اشعه کاتد صفحه نمایش (CTRها) شده است که (این لوله‌ها) دارای مواد بسیار سمی در صفحه نمایش‌ها است. همچنین (LCD)ها دارای سرب نبوده و مصرف انرژی کم‌تری در مقایسه با صفحه نمایش کامپیوتری CRT دارند. استفاده از CNT ها در صفحه نمایش کامپیوتر ممکن است با حذف فلزات سنگین سمی، کاهش نیاز شدید به مواد و انرژی و همچنین بهبود عملکرد با توجه به نیازهای مشتری باعث کاهش تأثیر منفی بر محیط‌زیست شود. به عنوان مثال از فن‌آوری صفحه نمایش CNT بجای صفحه نمایش تشعشعی استفاده می‌کند.

علاوه بر این، استفاده از فناوری نانو در مواد کامپوزیت پتانسیل تولید مواد با خواص مکانیکی بهتر و دیگر خواص خوب را دارد. چون فناوری نانو توانایی تولید ساختارهای را دارد که سبک‌تر و کوچک‌تر هستند؛ بدون تغییر در کیفیت خواص آن. استفاده از این فن‌آوری باعث افزایش استحکام، کاهش هزینه سیستم و تمام جایگزین‌ها و همچنین کاهش اثرات منفی محیط‌زیستی است. نمونه‌هایی از مواد دوست‌دار محیط‌زیست که می‌توانند با استفاده از فناوری نانو تولید شوند عبارت هستند از: پلاستیک زیست تخریب پذیر که از پلیمری با ساختار مولکولی ساخته شده است که تجزیه آن آسان است. مواد مرکب نانو کریستال که سمی نیستند به جای الکترودهای لیتیوم گرافیت در باتری های قابل شارژ و شیشه‌ای با توانایی تمیز کردن خود. یک نمونه از محصول شیشه‌ای با قابلیت تمیز کردن خود که به طور گسترده‌ای در بازار موجود است، شیشه Active TM، یک محصول تجاری از شرکت Pilkington است (۹-۲۶).

تولید سبز

فرایند تولید همیشه با طیف گسترده‌ای از مواد زاید و زباله همراه است که برای محیط‌زیست مضر است. در حالت ایده‌آل، فرآیند تولید باید برای به حداقل رساندن استفاده از مواد اولیه و تولید زباله و مصرف انرژی طراحی شود. تولید سبز یک نام مشترک است که به طور گسترده‌ای روش‌ها و فن‌آوری‌های رسیدن به این اهداف را پوشش می‌دهد. تولید سبز شامل توسعه فرآیندهای صنعتی (به عنوان مثال اولویت داشتن فرآیندهای مبتنی بر آب به فرآیندهای مبتنی بر حلال آلی)، کاهش استفاده از مواد خطرناک به عنوان مثال فلزات، توسعه مواد شیمیایی سبز که کمتر برای محیط‌زیست مضر بوده و استفاده از فرآیندهای با انرژی کارآمد.یک مثال از فناوری نانو سبز توسعه میکروامولسیون (آبی) به‌عنوان جایگزینی برای فرایند VOC در صنعت تمیز کردن است.

ترکیبات سمی و سرطان‌زا، مانند کلروفرم، هگزان و پرکلرواتیلن، معمولاً در صنعت تمیز کردن، صنعت منسوجات و استخراج نفت استفاده می‌شود. میکروامولسیون حاوی دانه‌هایی در اندازه نانو می‌تواند به عنوان گیرنده برای استخراج مولکول‌های خاص در سطح مقیاس نانو استفاده شود. دانشمندان دانشگاه اوکلاهما میکرو امولسیونی سنتز کرده‌اند که موجب اتصال بین مواد جاذب آب ودافع آب دافع می‌شود، و بین سر و دم مولکول‌های سطحی قرار داده شده است. نتیجه سورفکتانتی است که کشش سطحی بسیار پایینی برای انواع نفت دارد. در یک آزمون، میکرو امولسیون قادر به تمیز کردن منسوجات از روغن شد. همچنین مشخص شد که میکرو امولسیون با ترکیبات تمیزکننده معمولی بسیار قابل رقابت بود هم در عملکرد استخراج و هم در سادگی فرایند (۲۷).

ریسک فناوری نانو

فناوری نانو طیف گسترده‌ای از پتانسیل کاربردی و پیشرفت‌های سریع را ارایه می‌دهد، اما این فن‌آوری همچنین ممکن است اثرات ناخواسته‌ای بر سلامت انسان و محیط‌زیست داشته باشد. موادی که به صورت انبوه بی‌ضرری هستند می‌توانند در مقیاس نانو بسیار سمی شوند، برای مثال، اگر آن‌ها را برای ساخت تجهیزات آب آشامیدنی یا زنجیره غذایی وارد کنیم. همچنین آن‌ها زیست تخریب‌پذیر نیستند. استنشاق نانوذرات موجود در هوا و باعث تأثیر آن بر ریه و ایجاد بیماری می‌شود. مطالعات اخیر نشان دادند بدن انسان به برخی از اشکال CNT به‌عنوان ذرات آزبست اگر به مقدار کافی استنشاق شود، عکس‌العمل مشابهی می‌دهد.

این نگرانی‌ها با دانش اندک فعلی از سرنوشت و رفتار نانوذرات بر انسان و محیط‌زیست تشدید می‌شود. با این حال، توسعه این فن‌آوری بسیار ابتدایی بوده و مقدار آزمایشات نسبتاً محدود بوده است (۲۸). در حال حاضر بسیاری از سازمان‌های بین‌المللی مانند کمیسیون سلطنتی در آلودگی محیط‌زیست و اتحادیه اروپا با آگاهی از تست‌های آزمایشگاهی بر روی برخی از نانومواد مطرح کردند که آن‌ها دارای خواص هستند که می‌تواند نگران‌کننده باشد (۲۹). اطلاع از سمیت و خطرات بالقوه برای سلامت در ارتباط با نانومواد بسیار محدود است. پژوهش ارزیابی ریسک فناوری نانو در ایجاد اثرات نانوذرات بر سلامت انسان و محیط‌زیست برای کمک به حفظ تعادل بین مزایای تکنولوژی و عواقب بالقوه ناخواسته آن بسیار مهم است. مقامات علمی از این به عنوان یک چالش عظیم یاد کردند، از نظارت بر حجم عظیمی از نانو ذرات متنوعی که تولید و استفاده می شود و پیگیری تاثیر آن بسیار دشوار است. این مساله وضعیت ما را برای افزایش تعداد و نوع تست برای ارزیابی این‌که آیا این خطرات نظری، واقعی هستند و همچنین برای نظارت بر رفتار آن‌ها در محیط‌زیست تقویت می‌کند (۳۰).

نتیجه گیری

فناوری نانو برای رسیدن به هدف حفظ پایداری محیط‌زیست توسعه داده شده است. در این مورد، سازگاری با محیط‌زیست به مسایل محیط‌زیستی انسان محدود نمی‌شود، بلکه مشکلات سلامت انسان را نیز شامل می‌شود. فن‌آوری‌هایی که توسعه یافته اند شامل فن‌آوری است که می‌تواند قابلیت‌های تکنولوژی را ارتقا و بهبود بخشد و جایگزین فن‌آوری‌های

معمولی شود. فناوری نانو، با وجود اینکه در تمیز کردن و تصفیه آب کاربرد دارد، این فناوری همچنین می‌تواند به منظور تمیز کردن هوا از گازهای سمی مانند CO، VOC و دیوکسین با استفاده از نانولوله، نانوذرات طلا و دیگر جاذب‌ها به کار گرفته شوند.

نانو ذرات و نانو لوله همچنین می‌توانند به عنوان یک حسگر برای مواد سمی، به ویژه موادی که با تکنولوژی مرسوم تشخیص آن‌ها به دلیل اندازه بسیار کوچک و کمی غلظت مشکل است، استفاده شود. استفاده از فناوری نانو در محیط‌زیست به شرایطی که در آن آلودگی محیط‌زیستی رخ داده، محدود نیست. فناوری نانو همچنین می‌تواند برای جلوگیری از ایجاد آلودگی بکار رود. برنامه‌های کاربردی آن شامل سنتز مواد سبز و مواد پوششی و حشره‌کش‌ها برای جلوگیری از انتشار مواد خطرناک به محیط‌زیست است. اگر چه فناوری نانو کاربردهای فراوانی در زمینه فن‌آوری محیط‌زیستی دارد، اما نیاز است که برای ارزیابی خطرات آن بیش‌تر مورد مطالعه قرار گیرد. این مساله مطابق با این اصل است که فن‌آوری‌های پیچیده‌تر، خطرات بیش‌تری در برخواهند داشت.

منابع

۱- عابدی کوپایی، ج، ۱۳۸۵، کاربرد فناوری نانو در محیط‌زیست، اولین کنفرانس فناوری نانو در محیط‌زیست، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، قطب علمی فناوری نانو در محیط‌زیست، http://www.civilica.com/Paper-CNE01-CNE01_056.html.

2- Environmental Defense Fund, The health risks of burning coal for energy, Report, 2006. Available at http://www.edf.org/climate/remaking-energy.

3- G. Krantzberg, A. Tanik, J.S.A. do Carmo, A. Indarto, and A. Ekda, Advances in water quality control, Scientific Research Publishing, 2010.

4- M.C. Roco, S. Williams, and P. Alivisatos, Nanotechnology research directions: vision for nanotechnology in the next decade, IWGNWorkshop Report, U.S. National Science and Technology Council, Washington, DC, 1999.

5- G.Q. Lu and X.S. Zhao, Nanoporous Materials - Science and Engineering, in Nanoporous Materials-an Overview, World Scientific, Singapore, 2004.

6- Royal Commission on Environmental Pollution (RCEP), Novel materials in the environment: the case of nanotechnology, 2008.Available at http://www.defra.gov.uk/news/2005/050310a.htm.

7- A. Indarto, J.W. Choi, H. Lee, and H.K. Song, Decomposition of greenhouse gases by plasma, Environ. Chem. Lett. 6 (2008), pp. 215–222.

8- A. Indarto, J.W. Choi, H. Lee, and H.K. Song, Decomposition of greenhouse gases by plasma, Environ. Chem. Lett. 6 (2008), pp. 215–222.

9- Ian Sofian Yunus , Harwin , Adi Kurniawan , Dendy Adityawarman & Antonius Indarto (2012) Nanotechnologies in water and air pollution treatment, Environmental Technology Reviews, 1:1, 136-148, http://dx.doi.org/10.1080/21622515.2012.733966.

10- P.S. Kulkarni, J.G. Crespo, and A.M. Afonso, Dioxins sources and current remediation technologies – A review, Environ. Intl 34 (2008), pp. 139–153.

11- G.Wielgosi´nski, The possibilities of reduction of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans emission, Intl J. Chem. Eng. 2010 (2010), article ID 392175.

12- R.Q. Long and R.T. Yang, Carbon nanotubes as a superior sorbent for removal dioxine, J.Amer. Chem. Soc. 123 (2001), pp. 2058–2059.
13- B. Bhushan, Springer Handbook of Nanotechnology, 3rd edition, Springer, New York, 2010.
14- R.Q. Long and R.T. Yang, Carbon nanotubes as a superior sorbent for nitrogen oxides, Ind. Eng. Chem. Res. 40 (2001), pp. 4288–4291.
15- I. Mochida, Y. Kawabuchi, S. Kawano, Y. Matsumura, and M. Yoshikawa, High catalytic activity of pitch-based activated carbon fibers of moderate surface area for oxidation of NO to NO2 at room temperature, Fuel 76 (1997), pp. 543–548.
16- A.K. Sinha and K. Suzuki, Novel mesoporous chromium oxide for VOCs elimination, Appl. Catal. B: Environ. 70 (2007), pp. 417–422.
17- R.M. Santiago and A. Indarto, A density functional theory study of phenyl formation initiated by ethynyl radical (C2H·) and ethyne (C2H2), J. Mol. Model 14 (2008), pp. 1203–1208.
18- S. Hsu and C. Lu, Modification of single-walled carbon nanotubes for enhancing isopropyl alcohol vapor adsorption from water streams, Separat. Sci. Technol. 42 (2007), pp. 2751–2766.
19- T. Masciangioli and W.X. Zhang, Environmental technologies at the nanoscale, Environ. Sci. Technol. 37 (2011), pp. 102A–108A.
20- M. Staiano, M. Baldassarre, M. Esposito, E. Apicella, R. Vitale, V. Aurilia, and S. D'Auri, New trends in bio/nanotechnology: stable proteins as advanced molecular tools for health and environment, Environ. Technol. 31 (2010), pp. 935–942.
21- G. Liu, Y.Y. Lin, J. Wang, H. Wu, C.M. Wai, and Y. Lin, Disposable electrochemical immunosensor diagnosis device based on nanoparticle probe and immunochromatographic strip, Anal. Chem. 79 (2007), pp. 7644–7653.
22- J. Wang, G. Liu, and Y. Lin, Immunosensors based on functional nanoparticle labels, ECS Transactions 2 (2007), pp. 1–7.
23- S.K. Smart, A.I. Cassady, G.Q. Lu, and D.J. Martin, The biocompatibility of carbon nanotubes, Carbon 44 (2006), pp. 1034–1047.
24- L. Filipponi and D. Sutherland, NANOYOU teachers training kit in nanotechnologies, Interdisciplinary Nanoscience Centre, iNANO, Aarhus University, 2010.
25- M. Berger, Nanotechnology and water treatment, 2008. Available at http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid= 4662.php.
26- M. Burke, Nanosilver in consumer goods under the spotlight, Chemistryworld, 2012.
27- D.A. Sabatini, L.D. Do, and T.T. Phan, Microemulsions with extended-surfactants: characterization and applications, 101st AOCS Annual Meeting and Expo, Arizona, 2010.
28- C. Buzea, I.I.P. Blandino, and K. Robbie, Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity, Biointerphases. 2 (2007), pp. MR17–MR172.
29- European Commission, Communicating nanotechnology. Why, to whom, saying what and how? 2010. Available at

http://cordis.europa.eu/nanotechnology.

30- F.Wickson, K.N. Nielsen, and D. Quist, 2011, Nano and the environment: potential risks, real uncertainties and urgent issues, Genk Biosafety Brief 2011/01.