Archive of SID

حذف آلاینده های زیست محیطی با استفاده از نانو ذرات

علیرضا زارعی[1]، افروز پدرام[2]

تهران - بزرگراه شهید بابایی - لویزان – دانشگاه صنعتی مالک اشتر- دانشکده شیمی و مهندسی شیمی

Zarei1349@gmail.com

چکیده

آلودگی محیط زیست از مهمترین مشکلاتی است که بشر با آن مواجه است و با توجه به ا فزایش جمعیت و گسترش روز به روز صنایع، اهمیت کنترل آلودگی محیط زیست و جلوگیری از رشد تصاعدی آن، بیش از پیش احساس می گردد. مشکلات ناشی از حضور آلاینده هایی که به طور بیو لوژیکی حذف نمی شوند، بشر را به سمت شناسایی راهکارهای مختلف جهت کاهش و یا حذف آنها سوق داده است. از دیرباز تاکنون فرایند های مختلفی برای حذف آلاینده های مخرب زیست محیطی موجود در آب، پساب و هوا به مرحله اجرا در آمده که راندمان چندان مطلوبی نداشته است. در سالهای اخیر، فناوری نانو نقش بسزایی در شیمی سبز ایفا کرده است و استفاده از نانو ذرات در حذف آلاینده های زیست محیطی به عنوان یکی از جدید ترین روشهای حذف آلاینده ها در جهان مطرح است. این مواد، به علت دارا بودن نسبت سطح به حجم بالا و فعالیت شیمیایی فوق العاده و تولید محصولات بی ضرر کارایی بسیار مطلوبی در کنترل آلودگی زیست محیطی دارند. در این مقاله به معرفی برخی از مهم ترین نانو ذرات و کاربرد آنها در حذف آلاینده های زیست محیطی پرداخته می شود.

واژه های کلیدی: حذف، نانو ذرات، فوتو کاتالیست، آلاینده های زیست محیطی

---

۱ - دانشیار شیمی تجزیه

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی تجزیه

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

فناوری نانو به معنی کاربرد ذرات در ابعاد نانو (معمولا ۱-۱۰۰ نانومتر) است. در این فناوری ذرات مانند یک واحد مستقل، خواصی مجزا و متفاوت از ذرات با ابعاد بزرگتر را دارا می باشند. از طریق دنبال کردن مواد در مقیاس نانو، امکان طراحی و ساخت مواد جدید با ویژگی کاملا نو، کیفیت بالا و هزینه کم بوجود می آید. یکی از کاربرد های مهم فناوری نانو در پاکسازی آلاینده های شیمیایی موجود در منابع آب ، خاک، هوا و پساب می باشد که توانایی حذف آلودگی های کوچک از منابع آبی در مقیاس کمتر از ۲۰۰ نانومتر و آلاینده های هوا در مقیاس کمتر از ۲۰ نانومتر را داراست. برا ی حذف آلاینده های زیست محیطی روش های گوناگونی وجود دارد. یکی از معایب روشهای کلاسیک تصفیه فیزیکی و شیمیایی مانند جداسازی شیمیایی آلاینده ها ، جذب سطحی بر روی کربن فعال، فیلتراسیون، اسمز معکوس و نظایر آن این است که این روشها، پر هزینه هستند و به انرژی زیادی لازم دارند، هم چنین آلاینده ها را بطور کامل از بین نمی برند و باعث انتقال آنها از یک فاز به فاز دیگر، تغلیظ آنها تولید آلاینده ی جدید می شوند که نیاز به تصفیه ی بیشتری دارند[۱]. فناوری نانو با ایجاد رویکردی نوین در فرایند های فوتوکاتالیستی (فرآیند های اکسیداسیون پیشرفته[۱] [AOPs]) آینده ای بسیار روشن را در زمینه ی حفاظت از محیط زیست نوید می دهد.

۲- فرایندهای حذف آلاینده ها

از میان روش های گوناگونی که برای حذف آلاینده ها مانند جذب، اکسیداسیون، تصفیه بیولوژیکی، انعقاد و لخته سازی وغیره وجود دارد، روش جذب که در آن نانو ذرات نقش جاذب را دارند و هم چنین روش اکسیدایون پیشرفته که از نانو ذرات به عنوان کاتالیست استفاده می شود، با کاربرد جدیدتری نسبت به روش های کلاسیک حذف همراهند.

۲-۱- روش جذب

تحقیقات بسیاری نشان داده است که نانو ذرات می توانند به عنوان جاذب طی فرایند های جذب[۲] برای حذف آلاینده ها کارآمد باشند. به عنوان مثال در حذف فلزات سنگین جاذب های نانو ساختار می توانند توسط روشهای تزریق جاذب فلزات سنگینی چون سرب، جیوه، نیکل و کادمیوم استفاده شوند[۲]. دو تکنیک مهم جذب سطحی و جذب شیمیایی در حذف آلاینده ها موثر واقع شده اند.در تکنیک جذب سطحی مواد آلاینده موجود در هوا بدون تغییر در ساختار مولکولی به فاز دیگر منتقل می شوند. در این روش از مواد جاذبی نظیر کربن فعال و زئولیت برای جداسازی مواد آلاینده از هوا استفاده می گردد و برای تصفیه هوا با غلظتهای پایین موثر است و اغلب برای مواد آلی فرّار استفاده می شود. در تکنیک جذب شیمیایی به دلیل اینکه برخی از ترکیبات آلاینده حاوی موادی هستند که بعد از سوختن از فرم خطرناک اولیه خارج شده و به مواد کم خطر تبدیل می گردند با استفاده از سوزاندن کاتالیستی با اضافه کردن ترکیبات سوختی به محیط واکنش فرایند تبدیل مواد صورت می گیرد. یکی از معایب این روش ها افزایش احتمال تولید گازهای سمی NO_X به عنوان محصولات فرعی در جریان تصفیه می باشد. فناوری های بسیاری برای حذف آلاینده های زیست محیطی معرفی شده است و تکنیک جذب به دلیل ساده بودن، ارزان بودن و داشتن اثر مطلوب در حذف یون های فلزی سنگین مثل آرسنات، جیوه، کادمیوم وکروم، یکی از بهترین و مطمئن ترین روش ها است.

گسترده ترین روش فیزیکی برای حذف آلاینده ها در صنعت، استفاده از کربن فعال است. یکی از معایبی که این روش دارد این است که جاذب بعد از اتمام فرایندجذب، به راحتی از محلول جدا نمی شود و راندمان را به میزان زیادی کاهش می دهد. کارایی تکنیک جذب به ویژگی های جاذب استفاده شده بستگی دارد. نانو ذرات به دلیل داشتن نسبت سطح به حجم بالا، اندازه کوچک و فراهم آوردن سینتیک مناسب تری برای جذب آلاینده های آلی و معدنی، می توانند به عنوان جاذبی متاسب ایفای نقش کنند .به عنوان مثال نانو ذرات اکسید تنگستن می توانند جاذب مناسبی برای حذف یون جیوه موجود در آب آلوده باشند. تکنیک جذب به طور گسترده ای برای حذف گروهی خاص از

[1] Advanced Oxidation Processes-AOPs
[2] Adsorption process

www.SID.ir

Archive of SID

آلاینده های آلی موجود در آب، به خصوص آلاینده هایی که توسط تصفیه بیولوژیکی تخریب نمی شوند، مانند رنگها استفاده می شود. .همچنین مشتقات فنولی می توانند به طرز قابل توجهی توسط نانو جاذب ها حذف شوند. به منظور بهبود راندمان حذف آلاینده ها و افزایش ظرفیت جذب، اطلاع از مکانیزم عمل جاذب ضروری است و اطلاع از مکانیزم جذب نانو ذرات هنوز نیاز به مطالعات بیشتری دارد. اما هم اکنون مکانیزم ممکنی که برای جاذب های نانو ساختار مورد بررسی است، جذب نانو ذرات براساس بر هم کنش بین یک کاتیون و یونهای آنیون هیدروکسیل روی سطح این نانو ذرات است.

۲-۲- فرایند فوتو کاتالیست

فناوری فوتوکاتالیست ها بطور وسیع از سال ۱۹۷۰ میلادی مورد مطالعه قرار گرفته است[۳]. طی فرآیندهای فوتوکاتالیزوری، آلاینده ها در اثر تابش اشعه ی فرا بنفش و در حضور کاتالیست های نیمه هادی، بطور کامل تخریب شده و به دی اکسید کربن و آب تبدیل می شوند. فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOPs) که می توانند جایگزین مناسبی برای انواع فرآیندهای متداول تصفیه باشد، بر اساس تولید گونه های فعال از جمله رادیکالهای هیدروکسیل [OH^0] می باشند که محدوده ی وسیعی از آلاینده های آلی مقاوم و سمی با هر دو ترکیب آروماتیکی و آلیفاتیکی را بطور سریع تخریب می کند[٤]. مواد آلی توسط رادیکال هیدروکسیل به محض تولید [OH^0] مورد حمله قرار می گیرند.

$$OM + OH^0 \longrightarrow \text{حدواسط} \longrightarrow CO_2 + H_2O \quad (۱)$$

یکی از امتیازات عمده ی فناوری نانو در صنایع، ایجاد فرآیندهایی است که از نظر زیست محیطی بی ضرر هستند. از روشهای حذف این آلودگی ها استفاده از کاتالیست هایی برای تبدیل مولکول های آلی به مواد بی ضرر برای طبیعت است. از مؤثر ترین کاتالیست های مورد استفاده می توان به نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم[۱] (TiO_2)، اکسید روی[۲] (ZNO)،اکسید تنگستن[۳] (WO_3)، آهن صفر ظرفیتی[۴] (NZVI)و نظایر آن اشاره نمود [۵].

۲-۲-۱- نانوذرات TiO_2

نیمه هادی TiO_2 یکی از پایدارترین و واکنش پذیرترین فوتوکاالیست هاست و در سه فاز آنافاز، روتیل و بروکیت وجود دارد [۶]. این نانو ذره دارای شکاف انرژی بالا ۳/۲ eV- است. در نوری با طول موج تقریبی ۳۸۰ نانومتر خاصیت فوتوکاتالیستی از خود نشان می دهد که در ناحیه ی فرابنفش نور خورشید قرار دارد. از آنجایی که در نور خورشید فقط درصد کمی فرابنفش وجود دارد منبع فرابنفش دیگری نیاز است که واکنش های اکسید و احیا روی سطح آن به خوبی رخ می دهد. حذف سمیت آب های آلوده حاوی آلاینده های آلی، با استفاده از TiO_2 و نور خورشید بخش عظیمی از تحقیقات را به خود اختصاص می دهد. این فوتوکاتالیست ها با جذب تابش فرابنفش، پیوند H_2O را می شکنند و رادیکال هیدروکسیل تولید می شود که با اکسیژن هوا تبدیل به هیدروژن پراکسید می شود و می تواند مواد سمی و آلاینده هایی که به وسیله تصفیه ی بیولوژیکی حذف نمی شوند به دی اکسید کربن و آب و مواد معدنی بی ضرر تبدیل کند[۷و۸]. فوتو کاتالیست TiO_2 با احیای فوتوکاتالیتیکی قادر به حذف مؤثر فلزات سنگین از آب و پساب می باشد. بدین ترتیب که با احیاء فلزات با بار مثبت باعث می شود که فلزات از آب حذف می شوندبرای استفاده از عملکرد فوتوکاتالیستی TiO_2 در یک روش پودر TiO_2 را به جریان فاضلاب یا آب وغیره اضافه می کنند و در معرض پرتو فرا بنفش قرار می دهند. در روش های دیگر TiO_2 را روی سطح یک ماده پایه پوشش می دهند و این ترکیبات را در جریان فاضلاب یا آب

---

[1] Titanium Dioxide-TiO2

[2] Zinc Oxide- ZnO

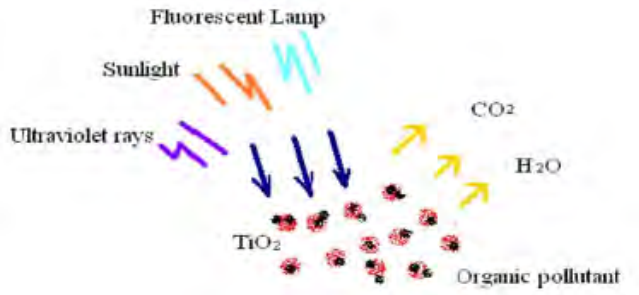
[3] Tungsten Oxide-WO_3

[4] Nanosized Zero-Valent Iron (Fe^0)

www.SID.ir

Archive of SID

و نظیر آن قرار می دهند. پرتو فرابنفش برای فعال کردن این ذرات اکسید فلزی و نیمه هادی مورد استفاده قرار می گیرد. هدف هر دو تکنیک ایجاد سطح تماس بالای پودر TiO_2 با محیط اطراف خود می باشد[۹].



شکل۱- مکانیسم فرایند فوتوکاتالیز با استفاده از TiO_2

TiO_2 در اثر پرتو فرابنفش می تواند بخارات آب موجود در هوا را تجزیه کند و رادیکال هیدروکسیل تولید نماید که به مواد آلی و معدنی حمله می کند و سبب حذف و تبدیل این آلاینده ها، به موادی می شود که به آسانی توسط باران تصفیه می شوند و با استانداردهای زیست محیطی سازگارند. قدرت اکسید کنندگی رادیکال OH بیشتر از کلرین و اوزون است و سهم بزرگی از توانمندی فوتوکاتالیستها در پاکسازی محیط زیست مدیون همین رادیکال است. TiO_2 باعث پاکسازی مواد شیمیایی که در آبهای صنعتی وجود دارد مانند ترکیبات سمی آلی، ترکیبات آمینی، کتونی، آلدهید غیره می شود. دلایلی که TiO_2 به عنوان یک عامل مهم در پاکسازی فاضلاب مورد استفاده قرار می گیرد: الف- روند پاکسازی فاضلاب با استفاده از TiO_2 در شرایط جو موجود امکان پذیر است. ب- فوتوکاتالیست TiO_2 ارزان بوده و بازده بالایی دارد، ج- اکسیداسیون سوبسترا به دی اکسید کربن به طور کامل انجام میشود، د- فرایند باپتانسیل بالا انجام می شود و در تکنولوژی صنعتی جهت سم زدایی فاضلاب استفاده می شود[۱۰]. در هنگ کنگ سطح بعضی از خیابان ها و پیاده رو ها با TiO_2 پوشیده شده است که می تواند حدود ۹۰درصد اکسیدهای نیتروژن موجود در هوا را حذف کند. نتایج نشان می دهد که سطوح پوشیده شده با TiO_2 (دی اکسید تیتانیوم) می تواند طی چند دقیقه به میزان یک ماه روشهای طبیعی، آلودگی را برطرف کند. آزمایشات نشان داده است که پساب آلوده به مواد آلی نفتی بعد از ۷ روز کاملا تجزیه می شود. روش های مختلفی برای سنتز نانو ماده ی تیتانیوم دی اکسید مانند اکسیداسیون آندی، ایچینگ فوتوالکترو شیمیایی و فرآیند سول-ژل[1] وغیره وجود دارد. هر کدام از این روش ها می تواند موجب تشکیل شکل های مختلفی از TiO_2 مانند نانو لوله ها، ذره ای، مفتولی شکل و غیره شود. در روش سول-ژل، تولید نانو ذراتTiO_2 مورد هدف است. در این روش محلولی از اورگانو-تیتانیوم هیدرولیز می شود و به مدت یک ساعت به وسیله یک همزن مخلوط می شود.سپس مخلوطی از آب، اسید و حل شونده به محلول اضافه می شود. هم زدن ادامه پیدا می کند تا جایی که نانو کریستال TiO_2 تشکیل شود. سپس محلول در یک آون تحت دمای۷۰°C و به مدت ۱۲ ساعت گذاشته می شود. در این مرحله نانو کریستال TiO_2 تبدیل به پودر می شود. به منظور افزایش فعالیت و حساسیت نانو TiO_2 برخی از یون های فلزی یا اکسید آنها با این نانو ذره ترکیب می شود. به عنوان مثال نانو ذرات نقره پس از الحاق شدن[1] در TiO_2 می تواند به طور مستقیم در حذف رنگ های آلاینده مورد استفاده قرار گیرد[۱۱].

۲- ۲- ۲- آهن صفر ظرفیتی (NZVI)

نانو ذرات با پایه ی آهن برای انتقال و سم زدایی گستره ی وسیعی از آلاینده های زیست محیطی کاربرد دارد. این نانو ذره با جذب سطحی آنیونهایی نظیر NO_3^- و Cr_2O_7 فلزات سنگین مثل Ni^{2+} ، Hg^{2+} ،As و Cr می تواند کمک شایانی در حفاظت از محیط زیست کند. آهن صفر ظرفیتی (Fe^0) با وارد شدن به واکنش های اکسایش- کاهش، می تواند آلاینده های مشخصی را نظیر تری کلرو اتیلن(TCE)، هیدروکربن های کلر دار شده و تترا کلرو اتیلن (PCE) را حذف کند.[۱۲]. بطور کلی ،نانو مواد با پایه ی آهن ،شامل اکسید آهن ، آهن صفر

[1] Dopping

www.SID.ir

Archive of SID

ظرفیتی نانو ساختار (NZVI) ، نانو ذرات سولفید آهن و نانو ذرات آهنی دو فلزی است.آهن صفر ظرفیتی در حضور اکسیژن، میتواند ترکیبات آلی مانند فنل را اکسید کند. NZVI می تواند به یون آهن و یا به Fe_3O_4 (آهن مغناطیسی) اکسید شود. این نانو ذرات می توانند انواع آلاینده های آلی نظیر آلکانها،آلکان های کلرینه،بنزن های کلرینه،رنگ های آلی،نیترو آروماتیک ها،بی فنیل پلی کلرینه و آنیونهای غیرآلی نظیر نیترات ها،در محلول های آبی،به محصولات فرعی که کمتر سمی هستندو خطر کمتری دارند احیا نماید. نانو ذرات آهن صفر ظرفیتی می تواند با اکسیژن حل نشده[1] (DO) و آب وارد واکنش شود. شیمی آلاینده های زیست محیطی مربوط به آهن صفر ظرفیتی پیشرفت وسیعی داشته است و کاربرد های زیست محیطی آن نظر محققان را جلب کرده است. نانو ذرات اکسید آهن طی فرایند خود سامان[2] در محیط اتیلن گلایکول مهیا می شود.این نانو ذرات توانایی بسیار بالایی در حذف یون های فلزی سنگین و دیگر آلاینده های موجود در نمونه های آبی دارند. عمل پالایش با نانو ذرات مغناطیسی ۵ مرحله است:

۱- انتقال جرم ماده ی واکنش دهنده از توده ی محلول به سطح NZVI. ۲- جذب ماده ی واکنش دهنده روی سطحNZVI .۳- واکنش شیمیایی روی سطحNZVI . ۴- دفع محصولات واکنش از سطح NZVI ۵- انتقال جرم محصولات به داخل توده ی محلول.در حذف آلاینده ها، سطح تماس بسیارمؤثراست. نانوذرات آهن صفر ظرفیتی به علت داشتن سطح تماس بالا، دارای قابلیت های منحصر به فرد می باشند. این نانو ذرات در احیاء یونهای فلزی فعال نظیر کروم ۵ ظرفیتی [Cr(IV)] به نمونه های کروم سه ظرفیتی [Cr(III)] که خواص سمی و تحرک کمتر دارند مورد استفاده قرار می گیرند[۱۳]. آلاینده هایی چون تتراکلرواتیلن (C_2Cl_4)، میتواند الکترون هایی را از اکسید آهن دریافت کند و مطابق رابطه زیر به اتان کاهش پیدا کند و بدین ترتیب اثرات نامطلوب آلاینده را حذف کند[۱۴].

$$C_2Cl_4 + 4Fe^0 \rightarrow C_2H_4 + 4\,Fe^{2+} + 4Cl^- + 4H^+ \qquad (۲)$$

تحقیقات آزمایشگاهی نشان داده است که نانوذرات آهن یک احیاگر و کاتالیست بسیار مؤثر برای گستره وسیعی از آلاینده های زیست محیطی شامل ترکیبات آلی ترکیب شده با کلروریون های فلزی، است[۱۶-۱۵]. مثال ها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. برخی از آلاینده هایی که بوسیله نانو ذرات آهن واکسید آهن قابل انتقال هستند.

گروه	آلاینده
آلاینده های کلرینه شده	کربن تترا کلرید، کلروفرم، دی کلرومتان، کلرو متان دی برومو کلرومتان، تری کلرواتان، وینیل کلر، هگزا کلرو بنزن، پنتا کلرو فنول، دی اکسین ها، ۱و۱-دی کلرو اتان، سیس-دی کلرو اتان ترانس دی کلرو اتان.
رنگ ها ی آ لی	متیل اورانژ، اتیل اورانژ، سیانین، کریپتو سیانین، دی سیانین، نئوسیانین.
آلاینده های آلی دیگر	N- نیتروزو دی متیل آمین، تری نیترو تولوئن
آنیون های معدنی	آرسنیک، پرکلرات، نیترات، جیوه، نیکل، نقره

یکی از شاخه های فناوری نانو محلول های مغناطیسی هستند که به تازگی کاربرد های جدیدی برای آن یافت شده است. به نظر می رسد این شاخه از علم نانو برای از میان برداشتن آلاینده های آلی و حذف نمک ها و فلزات سنگین بسیار مناسب باشد[۱۷]. نانو ذرات مغناطیسی معمولا به عنوان جاذب و نانو کاتالیست برای تصفیه آلاینده ها به کار برده می شود. یکی از نانو ذرات مطرح

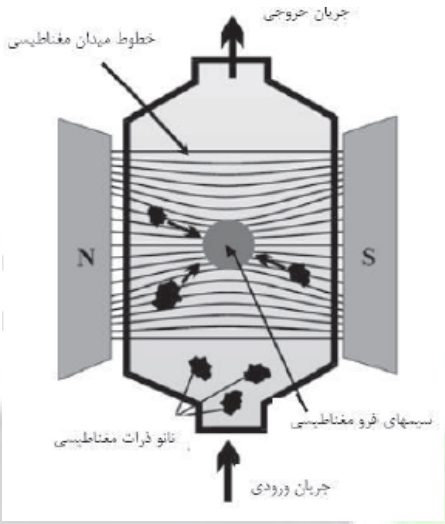
[1] Dessolved Oxygen-DO

[2] Self-Assemble Process

www.SID.ir

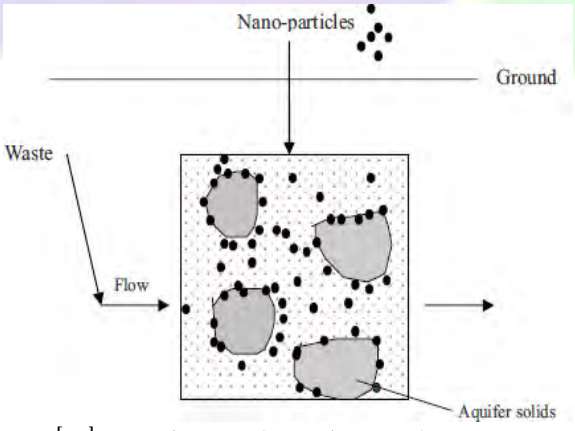
Archive of SID

در تصفیه پساب های صنعتی نانو ذرات مغناطیسی اکسید آهن می باشد. این نانو ذرات در اثر میدان مغناطیسی به راحتی از آب یا پساب جدا می شوند در نتیجه امکان استفاده مجدد از آنها و هم بازیافت مواد آلاینده وجود خواهد داشت[۱۸]. شکل ۲ نمایی از پمپ جدا کننده نانو ذرات را نشان می دهد.



شکل ۲- جداسازی نانو ذرات مغناطیسی

نانو ذرات اکسید آهن را در یک محیط شیشه ای قرار داده و با استفاده از خاصیت مغناطیسی این ذرات میکرونی و نانومتری به راحتی فلزات سنگین جذب می شوند. این ذرات که دارای خاصیت مغناطیسی هستند را درون آب قرار می دهند و فلزات سنگینی را که در آنجا وجود دارند جذب می کنند. سپس این آب از یک میدان مغناطیسی عبور داده می شود و ذرات مغناطیسی حاوی فلزات سنگین از جریان خارج می شوند. بعد از برداشتن این ذرات مغناطیسی حاوی فلزات سنگین می توان با استفاده از یک حلال جاذب فلزات سنگین را از آن ها جدا نمود. حدود یک گرم نانو ذره برای تصفیه ی یک لیتر پساب صنعتی آلوده به فلزات سنگین مورد نیاز است. البته به کمک فرایند های ته نشینی یا شیمیایی در پایان عمل تصفیه می توان به خلوص بالاتری رسید. این خلوص زمانی اهمیت پیدا می کند که فلزات مورد نظر بسیار سمی باشد. محققان از نانو ذرات مغناطیسی اکسید آهن (Fe_3O_4) برای حذف کروم استفاده کرده اند.روش استفاده از نانو ذرات مغناطیسی، روشی سریع و آسان با تکرارپذیری خوب است که بازده بالایی برای حذف آلاینده ها دارد. شکل ۳ عملکرد نانو ذرات مغناطیسی در فرایند حذف را نشان می دهد.



شکل ۳- عملکرد نانو ذرات مغناطیسی در فرایند حذف[۱۱]

۲-۲-۳- نانو ذرات ZnO

www.SID.ir

Archive of SID

یکی از فوتوکاتالیست های دیگر که در حذف ترکیبات آلی (مانند رنگ های آلی) نقش بسزایی دارد نانو ذرات ZnO است. به عنوان مثال نانو ذرات ZnO به عنوان فوتوکاتالیست برای حذف فنول های کلر دار شده استفاده می شود[۲۰]. نانو ZnO در مقایسه با نانو TiO_2 و نانو TiO_2 پوشانده شده با Fe-CNC در حذف گاز NO می تواند مطلوب تر عمل کند[۲۱]. ZnO عملکرد بهتری نسبت به TiO_2 دارد و تحقیقاتی که اخیرا انجام شده است، این نکته ذکر شده است که ZnO می تواند در محیط های اسیدی وقلیایی با رفتاری مناسب مورد استفاده قرار گیرد. فوتو کاتالیست ZnO با برخی از مواد به منظور بهبود بعضی خواص مانند فعالیت ترکیب می شود. به عنوان مثال به منظور حذف فنول، ZnO نانو ساختار روی ورقه آلومینیوم ثابت می شود. نانو ذرات ZnO به طور مؤثری موجب تخریب H_2S و محلول های کلر دار می شود.

$$ZnO + H_2S \rightarrow ZnS + H_2O \qquad (۳)$$

۲-۲-۴- نانو ذرات اکسید تنگستن (WO_3)

اکسید تنگستن نیمه رسانای نوع n می باشد که از خواص حسگری مطلوبی، بخصوص حساسیت بالا در مقابل اکسید های نیتروژن برخوردار است.این نانو ذرات با جذب تابش فرابنفش از W^{6+} به W^{5+} کاهش پیدا می کنند.

نتیجه گیری

فناوری نانو می تواند به عنوان یک فناوری سبزدر تخریب و دگرگون سازی انواع آلاینده هـای زیسـت محیطـی عمـل نمایـد. برجسته ترین ویژگی این فناوری نانو در این است که می توان با استفاده از آن بسیاری از آلاینده های سمی و خطرناک را کـه بـه راحتی حذف نمی شوند بدون تولید محصولات جانبی خطرناک از بین برد. نانو موادی که به عنوان کاتالیست، جاذب، غشـا وغیـره استفاده می شوند، دارای فعالیت و حساسیت بالا و در نتیجه کارایی بهتری می باشند و به علت بالا بودن سطح ویژه آنها، به مقـدار کمتری از آنها برای انجام فرایند نیاز است. استفاده از نانو فوتو کاتالیست ها نه تنها آلودگی را حذف مـی کنـد، بلکـه آن هـا را بـه محصولات سازگار با محیط زیست تبدیل می کند. بدلیل کارایی بالای فوتو کاتالیست های نانو ساختار و امکان بازیافـت و اسـتفاده مجدد آنها در فرایند های پیوسته، هزینه کاهش می یابد.

منابع

[۱] نظری راضیه، تاج آبادی ابراهیمی مریم، نانوذرات تیتانیوم و کاربرد های آن در محیط زیست، چهارمین همایش بیوتکنولوژی، کرمان، مرداد ۱۳۸۴

[2] Biswas, P., and Wu, C. Y. 2005. Nanoparticles and the environment. J. Air Waste Manage. Assoc., 55, 708–746.

[3] Kabra, K.., Chaudhary, R., Sawhney, R.L. 2004. Treatment of hazardous organic and inorganic compounds through aqueous-phase photocatalysis: A Review. Ind. Eng. Chem. Res., 43, 7683-7696.

[4] Martens, S., Eggers, T. Evertz. 2009. Applications of Nanomaterials in Environmental Protection. Golder Associates GmbH, Celle. Project No. (FKZ) 3707 61 301/05

[5] Liu.B, J., Torimoto, T., and Yoneyama, H., 1998. Photocatalytic reduction of CO_2 using surface-modified CdS photocatalysts in organic solvents., J. Photochem. Photobiol., A, 113, 93–97.

[6] S. Watson, D. Beydoun., J. Scott and R. Amal. 2004. J. Nanopart. Res., 6, 193–207

[7] Gnaser, H., Huber, B., Ziegler, C. 2004. Nanocrystalline TiO_2 for photocatalysis. Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, 6, 505–535.

[8] Tseng, Y. H., Lin, H. Y., Kuo, C. S., Li, Y. Y., and Huang, C. P. 2006. Thermostability of nano-TiO_2 and its photocatalytic activity. React.Kinet. Catal. Lett., 89, 63–69.

www.SID.ir

Archive of SID

[9] Brag, A., Clark, D., Poudyal, K..2004. Titanium dioxide photocatalysis of metals: http://ceenve.calpoly.edu/cota/enve436-01.

[10] Desrosiers, K., Ingraham, W., Van Matre, A. 2004 . TiO_2 photocatalysis for organics: Available in http://ceenve.calpoly.edu/cota/enve436.

[11] Sobana, N., Muruganadham, M., and Swaminathan, M .2006 . Nano-Ag particles doped TiO2 for efficient photodegradation of direct azo dyes. J. Mol. Catal. A: Chem., 258_1–2_, 124–132.

[12] Sun. H., Zhang. Y. Y., Si, S. H., Zhu, D. R., and Fung, Y. S. 2005. Piezoelectric quartz crystal _PQC_ with photochemically deposited nano-sized Ag particles for determining cyanide at trace levels in water. Sens. Actuators B, 108, 925–932.

[13] Zhang W.X. 2003. Nanoscale iron particles for environmental remediation. J. Nanopart. Res. 5, 323–332.

[14] Zhang, W. 2003. Nanoscale iron particles for environmental remediation: An overview. J. Nanoparticle Research, 5**,** 323–332.

[15] Lien H. 2000. Nanoscale bimetallic particles for dehalogenation of halogenated aliphatic compounds. Unpublished Dissertation, Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania.

[16] Lien .H.,Zhang W. 1999. Reactions of chlorinated methaneswith nanoscale metal particles in aqueous solutions. J. Environ. Eng., 125, 1042–1047.

[17] Gnanaprakash, G., Philip, J., Jayakumar ,T., Raj,B. 2007. Effect of Digestion Time and Alkali Addition Rate on the Physical Properties of Magnetic Nanoparticles.J. Phys. Chem. B111,pp.7978-7986

[18] Singer P. A. 2005. Harnessing Nanotechnology to Improve Global Equity,Magazine Article from Issues in Science and Technology,Vol.21,No.4

[20] Kamat, P. V., Huehn, R., and Nicolaescu, R. 2002. A sense and shoot' approach for photocatalytic degradation of organic contaminants in water. J. Phys. Chem. B, 106, 788–794.

[21] Huang, H. C., Huang, G. L., Chen, H. L., and Lee, Y. D. 2006. Immobilization of TiO_2 nanoparticles on Fe-filled carbon nanocapsules for photocatalytic applications. Thin Solid Films, 515, 1033–1037.

Removal of Environmental Pollutants by Using Nanoparticles

Abstract

Environmental pollution is currently one of the most important issues facing humanity. Because of the population growth and industry development, environmental pollutant control and prevention of its development is more important than before. The problems due to nonbiodegradable pollutants is a reason to consider different solutions to remove pollutants. There is some traditional processes to remove environmental pollutant in water, effluent, air and atc.. . In the recent years, nanotechnology has been applicable in green chemistry .One of the newest methods to remove pollutants is removal of pollutants with nanoparticles that because of their high area surface to volume ratio ,being readily available,inexpensive and producing of

www.SID.ir

Archive of SID

harmless products and etc. be used to control environmental pollutant. In this article some of the nanosized particles that are applicable in removel of environmental pollutant have been presented.

Keywords: Removal, Nanoparticles, Photocatalyst, Environmental pollutants**.**

www.SID.ir