مجله سلامت و محیط، فصلنامهی علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران

دوره چهارم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۰، صفحات ۴۰۱ تا ۴۱۰

تصفیه و کینتیک فاضلاب مصنوعی حاوی نفتالین با استفاده از نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم تثبیت شده بروی کربن فعال

احمد خدادادی'، حسین گنجی دوست'، حسین ایجادپناه ساروی ۳

نويسنده مسئول: تهران، تقاطع بزراگره چمران و آل احمد، دانشگاه تربيت مدرس، دانشكده عمران و محيط زيست، گروه محيط زيست akdarban@modares.ac.ir

دريافت: ۹۰/۰۴/۲۰ پذيرش: ۹۰/۰۷/۱۹

چکیدہ

زمینه و هدف: حذف نفتالین که کاربرد گستردهای در صنایع شیمیایی دارد به دلیل سخت تجزیه پذیر بودن ترکیبات آروماتیک با فرایندهای متداول تصفیه امکان پذیر نیست. هدف از این تحقیق حذف نفتالین از محلولهای آبی به روش اکسیداسیون پیشرفته با استفاده از نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم تثبیت شده بر روی کربن فعال می باشد.

روش بررسی: در این مطالعه برای تثبیت نانو ذرات TiO₂ بر روی زغال فعال، پس از تهیه سوسپانسیون نانو TiO₂ آن را با دانههای زغال اختلاط داده و مدت ۳۰ دقیقه در دستگاه ماکروویو با شدت ۱۸۰ وات قرار داده شد. راکتور فوتوکاتالیستی شامل بشر ۱ لیتری با شرایط اختلاط کامل و هوادهی، تحت تابش پرتوC۲۰ UV-C وات بوده است.

یافته ها: نتایج نشان دادند که فرایند فوتوکاتالیستی ₂UV/TiO با کاهش غلظت نفتالین بازدهی حذف افزایش پیدا نموده به طوری در غلظت mpm ۱۰۰ مقدار حذف نفتالین بعد از ۳ ساعت برابر با ۹۲ درصد است نتایج در صورتی که در غلظت ۲۵ ppm تقریبا در ۲ ساعت بازدهی حذف کامل است.

نتیجه گیری: فرایند UV/TiO₂ به عنوان یکی از روش های اکسیداسیون پیشرفته است که پایداری و راندمان بالا از امتیازات آن به شمار می آید. در ۱۱ =pH بیشترین بازدهی حذف نفتالین صورت گرفته و بعد از مدت ۱/۵ ساعت غلظت نفتالین از ۱۰۰ ppm از سید، درصد حذف نفتالین با استفاده از این روش بالغ بر ۹۰ درصد بوده است.

واژگان كليدى: نفتالين، تصفيه فاضلاب مصنوعى، دى اكسيد تيتانيوم، فرايند فوتوكاتاليست، كربن فعال

۱- دکترای مهندسی عمران محیط زیست، دانشیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- دکترای مهندسی عمران محیط زیست، استاد دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد فراوری مواد معدنی، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

هیدروکربنهای آروماتیک در دسته مواد خطرناک و سمی قرار دارند و اخیرا به عنوان ترکیبات سرطانزا شناخته شدهاند. نفتالین که به نام های آلبوکربن، کافور قیر، قیر سفید یا نفتن نيز معروف است از دو حلقه جوش خورده بنزن ساخته شده است و از زغال سنگ به دست می آید. نفتالین برای گندزدایی و حشره کشری کاربرد فراوانی دارد. آلودگی منابع آب توسط نفتالین در اکثر کشورهای صنعتی گزارش شده است و میزان مجاز آن در آب آشامیدنی ۵٪. میلی گرم برلیتر براساس استاندارد بهداشت جهانی می باشد، بنابراین حذف آن از پساب صنعتی حایز اهمیت است (۱). در میان روش های حذف آلاینده های آلی از آب و فاضلاب تجزیه بیولوژیکی پساب توسط ميكروار گانيسمها بيشتر مورد توجه بوده است، وليكن به دلیل حلقههای بنزنی در هیدروکربنهای آروماتیک بازدهی حذف بیولوژیک به شـدت کاهش یافته و میکروارگانیسـمها قادر به شکستن این ساختارها نمی باشند. بنابراین در سالهای اخیر توجه بسیاری از محققین به استفاده از روشهای نوین اكسيداسيون ييشرفته AOP) Advanced Oxidation Process) معطوف شده است(۲). از میان روش های مختلف این تکنیک، روش اکسیداسیون فوتوکاتالیستی با استفاده از نانوفوتوكاتاليســتها روشــى بسيار موثر اســت. اين روش به وسیله تابش اشعه ماورا بنفش به سطح یک نیمه رسانا مانند TiO, ،ZnO صورت می گیرد. این مواد در اثر تابش تحریک شده و با انتقال الكترون در لايه هاي سطحي مولكول توليد جفت الكترون حفره مي كنند. حفره حاصل داراي خاصيت اکسیدکنندگی قوی و الکترون احیاکننده خوبی است و با تولید راديكال هيدروكسيل، سبب تجزيه مولكولهاي آلي آلاينده می شود (۳و۴). در خصوص تحقیقات انجام شده در رابطه با استفاده از نانو فوتو كاتاليستها در حذف نفتول مي توان به مطالعات زير اشاره نمود.

Ania و همکاران در سال ۲۰۰۶ تخریب فتوکاتالیزوری β- نفتول را توسط نانو Degussa P25 مورد مطالعه و بررسی

قـرار دادند، در این تحقیق تاثیر عواملی مانند pH، غلظت ماده واکنش دهنده و مقدار کاتالیست مورد بررسی قرار گرفت (۵). Zielinska و همکاران در سال ۲۰۰۷ به وسیله هیدرولیز تتراایزوپر کسید(TTIP) در ۱۰۰- ۶۰۰ درجه سیلسیوس نانو ذره دی اکسید تیتانیوم یا تولید و فعالیت فتو کاتالیستی این نانو ذرات را با کربن فعال در حذف β- نفتول مورد بررسی قرار دادند و درصد حـذف β- نفتول را بیش از ۹۰ درصد گزارش نمو دند (۶).

Qourazal و Barka در سال ۲۰۰۹ با استفاده از چند فتوکاتالیزور تجاری دی اکسید تیتانیوم تخریب فتوکاتالیزوری β- نفتول را مورد بررسی و مطالعه قرار دادند و تاثیر عوامل مختلف مانند نوع cTiO، غلظت آلاینده، H و حضور موادی چون پراکسید هیدروژن، برومات پتاسیم، سولفات پتاسیم و غیره را بررسی کردند همچنین نشان دادند کینتیک تجزیه β- نفتول از مدل لانگمیر پیروی میکند و یونهای حذف ندارند (۷).

هدف از این تحقیق بررسی میزان حذف فوتوکاتالیستی نفتالین در شرایط مختلف pH، غلظت نفتالین و مقادیر کربن فعال حاوی نانو ذرات و مقادیر مختلف اکسیژن محلول، میباشد. مکانیسم حاصل از واکنش های فوتوکاتالیستی

دی اکسید تیتانیوم به علت خواص بسیار مناسب آن بیش از هر ماده دیگری برای پژوهشهای فوتو کاتالیستی مورد استفاده قرار گرفته است و دی اکسید تیتانیوم از فعالترین کاتالیست به شمار می آید و شاید بتوان گفت تنها، ZnO می تواند از لحاظ فعالیت با آن رقابت کند (۸). برخی از خواص مهم آن که موجب این مساله شده است عبارتند از: مقاومت شیمیایی، غیر سمی بودن، ارزان بودن و پایدار بودن و همچنین، انرژی فاصله ترازهای آن ۳ تا ۲،۳ الکترون ولت می باشد که با نور UV با طول موج کمتر از ۲۸۵ نانومتر میتواند برانگیخته شود. بر خلاف فلزات که دارای محیط پیوستهای از الکترونها می باشدند، نیمه هادیها دارای منطقه عاری از از رژی هستند

که در آن هیچ سطحی از انرژی برای تشویق به باز ترکیب زوج الکترون _ حفره که در اثر فعال سازی نوری در جامدات نیمه هادی به وجود می آید، وجود ندارد. این ناحیه خالی از انرژی را که از بالای تراز الکترونی پر شده ظرفیت تا زیر تراز الکترونی هدایت (که دارای جای خالی الکترون هاست) امتداد می یابد، فاصله ترازها می نامند (۸ و ۹).

اگر انرژی یک فوتون نوری برابر یا بیشتر از فاصله ترازهای الکترونی یک نیمه هادی باشد، جذب این فوتون توسط جامدات نیمه هادی، یک الکترون (ع-) را از تراز ظرفیت آن برانگیخته ساخته و به تراز هدایت انتقال می دهد. در این زمان یک جای خالی الکترون یا بار مثبت که به آن حفره می گویند(⁺h) نیز در تراز ظرفیت به وجود می آید. زوج میشوند که در نتیجه آن انرژی گرمایی تولید خواهد شد و یا می شوند که در نتیجه آن انرژی گرمایی تولید خواهد شد و یا سطوح نیمه هادی شرکت خواهند نمود و به علت نیاز نور سطوح نیمه هادی شرکت خواهند نمود و به علت نیاز نور UV جهت انجام نقش کاتالیستی مزبور به آن فوتوکاتالیست

در سطح کاتالیزور دی اکسید تیتانیوم تابش اشعه ماورا بنفش با طول موج ۳۸۰ نانومتر باعث برانگیخته شدن الکترون می شود، اکسیژن موجود در محیط محلول الکترون برانگیخته را می پذیرد. حفرهای با بار مثبت باقی می ماند و با جذب یون -OH موجود در محیط، رادیکال ⁰HO تولید می کند. رادیکال تولید شده به شدت فعال می باشد و آلاینده های موجود در آب یا فاضلاب را اکسید می کند. واکنش های زیر نحوه تولید رادیکال هیدروکسیل در دی اکسید تیتانیوم را توصیف می کنند(۸):

$$TiO_{Y} \xrightarrow{hv} h^{+} + e^{-}$$
(1)

$$h^+ + e^- \longrightarrow heat$$
 (٢)

$$h^+ + OH^- \longrightarrow OH^-$$
 (°)

$$H_{\mathsf{Y}} \bigcirc_{\mathsf{Y}} \xrightarrow{\mathrm{hv}} {\mathsf{Y}} \bigcirc H^{\bullet} \tag{(f)}$$

نفتالین با جرم مولکولی ۱۲۸/۱۷ g/mol و با فرمول نفتالین با جرم مولکولی ۱۲۸/۱۷ g/mol و نانو $C_{10}H_8$ و خلوص بیش از ۹۹/۹۵ از شرکت مرک آلمان با اندازه ذرات دی اکسید تیتانیوم از شرکت Degusa آلمان با اندازه ذرات ۲۱ نانومتر و سطح مخصوص m^2/g ۰۵مورد استفاده قرار گرفتند.

ب. فوتو راکتور

فوتو راکتور مورد نظر از یک جعبه چوبی که در داخل آن لامپ UV-C (۲۰ W) ، یک همزن و یک ظرف آزمایشگاهی به قطر ۱۴ و ارتفاع ۷/۵ تشکیل گردید. در این سیستم کنترل دقیق دما به دلیل کمبود امکانات میسر نبوده و به همین دلیل اثرات تغییرات دما بر روی حذف نفتالین صورت نگرفت.



شکل ۱: نمایی از فوتو راکتور مورد استفاده در حذف نفتالین

ج. روش کار

به دلیل هدر روی نانو ذرات در روش های معلق امروزه رویکرد تحقیقات به سـمت ثابـت ماندن جایگاه نانـو ذرات معطوف گردیـده. نانو ذرات مختلف با روش های متفاوت تثبیت بروی سطوح مختلفی نشانده شـدهاند، از جمله نانو ذرات TiO₂ که بروی سـطوح مواد جاذبی چون سـیلیس، شیشـه، سیلیکاژل خاک، دیاتومه، بنتونیت، کربـن فعال و کیتوزان تثبیت گردیده است(۹).

Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-13

دوره چهارم / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۰ الم فصلنامه علمى پژوهشى انجمن علمى بهداشت محيط اير ان

در این مطالعه تثبیت نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم بر روی سطح کربن فعال انجام گردید برای این منظور مخلوط ۴ گرم نانو ذره در ۱۰۰ سمی سی اتانول قرار گرفت و با اسید نیتریک رقیق pH مخلوط بروی عدد ۳ تنظیم گردید، سپس به منظور پراکندگی کامل نانو ذرات، به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط حاصل اولتراسونيک شده و در نهايت در مجاورت كربن اكتيو به مدت ۳۰ دقیقــه قرار گرفت و برای عملیات تثبیت حرارتی به مدت ۳۰ دقیقه در ماکروفر ۱۸۰ وات با دمای ۱۵۰ درجه قرار گرفت. سپس محلول نفتالین(۱۰۰ ppm) با نانو ذرات تثبیت شده بروی کربن فعال (۵ گرم بر لیتر) درون فوتو راکتور مورد نظر قرار گرفتند بعد از روشــن کردن لامــپ و آغاز فرایند در زمانهای مشخص از محتویات درون راکتور نمونه گیری شد(۹).

د. روش آناليز

تعيين غلظت نفتالين توسط دستگاه کروماتو گرافی گازی (GC OC) صورت گرفت و برای تزریق نمونه به دستگاه (Varian لازم است که نمونه از فاز آبی به فاز آلمی منتقل گردد. برای ایــن منظور ابتدا ۱۰ میلیلیتر از نمونه را با ۲ میلی لیتر دی کلر متان مخلوط کرده و بروی همزن قرار داده بعد از نیم ساعت ۲ میلیلیتر دی کلرومتان را که سینگین تر از نمونه آبی بوده جدا گردید و این روند را ۲ بار دیگر تکرار شد و در نهایت ۶ میلی لیتر دی کلرومتان حاوی نفتالین به دست آمده با حرارت ملايم به حجم يک ميليليتر رسانيده شد (لازم به ذکر است به دلیل حلالیت بالای نفتالین در دی کلرومتان در فاز آلی میماند و به فاز گازی نمی رود). در نهایت تنظیم دمایی دستگاه به صورت مقابل بوده: دمای اولیه آون ۶۵ درجه به مدت یک دقیقه و سپس با گردیان ۱۵ درجه بر دقیقه به ۲۱۰ رسیده و ۳ دقیقه در این دما باقی ماند، دمای اینجکتور در حالت اسپیلت لـس(splitless) برابر ۲۰۰ درجه و دمای دکتور ۲۱۰ درجه تنظیم گردید (۱۰). در نهایت پس از آماده سازی نمونه و تنظیم دستگاه یک میکرولیتر نمونه به دستگاه تزریق شد.

ىافتە ھا

عوامل تاثیر گذار بر فرایند فوتو کاتالیستی مانند pH و غلظت آلاینده و غلظت کربن فعال حاوی نانو ذرات و همچنین وجود اكسيژن محلول بر راندمان حذف نفتالين مورد بررسي قرار گرفت که خلاصهای از نتایج به دست آمده در ادامه اشاره می گردد.

بررسی اثر pH بروی تجزیه نفتالین

pH محیط دارای اثرات پیچیدهای بر سرعت واکنش اکسیداسیون مواد می باشد اما به طور کلی اثر این پارامتر بستگی به نوع آلاینده و نقط ه بار صفر (ZPC) کاتالیست در فرایند اکسیداسیون دارد و در اثر تغییرات اسیدیته نیروی الکترواســتاتیک میان سـطح آلاینده و کاتالیســت تغییر مینماید(۱۱). تعیینpH بهینه با استفاده از محلول ۱۰۰ ppm از نفتالین در حضور نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم انجام شد. با توجه به نتایج بدست آمده (شکل ۱) مشاهدهمی شود که با افزايــش pH بازدهي حذف افزايش مييابد، دليل اين موضوع را می توان این طور بیان نمود که نقطه بار صفر نانو ذرات TiO₂ برابر ۶/۲ است و در مقادیر pH های بالاتر از ۶/۲ سطح نانو ذرات دارای بار منفی میشوند و جاذبه بیشتری به وجود آمده. در نتیجــه با برقراری نیروی الکترواســتاتیک میان نانو ذرات و آلاینده امکان واکنش بیشتر گردیده و در نتیجه سرعت واکنش افزایش می یابد. همچنین Ania نشان داد فرایند در محیط بازی با pH برابر با ۱۰ پیشرفت بیشتری دارد که با نتایج به دست آمده همخواني دارد (۴).

اثر غلظت نفتالين

همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود با افزایش غلظت نفتالین راندمان حذف کاهش می یابد. می توان علت این امر را چنین توجیه کرد که با افزایش غلظت نفتالین تعداد جایگاههای فعال سطح كاتاليست (به واسطه اشـغال أنها با غلظت بالايي از مولکولهای آلاینده) کاسته می شود و در نتیجه سرعت توليد مواد اكسيدكننده مانند راديكالهاي آزاد هيدروكسيل در اثر دریافت پرتوهای UV کاسته می شود و بنابراین سرعت

واکنش نیز کاهش مییابد. همانطور که در شکل دیده می شود در غلظت ۱۰۰ ppm مقدار حذف نفتالین بعد از ۳ ساعت برابر با ۹۲ درصد است در صورتی که در غلظت ۲۵ ppm تقریبا در ۲ ساعت بازدهی حذف کامل است.

برابر است با ۱۰۰، ۹۲٬۸۵ درصد. مسلما در مقدار ۲۰۸ ۱۰ ور تعداد کل نانو ذرات بیشتر از سایر غلظتها بوده و در نتیجه دارای بیشترین بازدهی حذف بوده است نتایج مشابهی توسط Tryba وسایر محققین گزارش شده است (۱۴–۱۲).



شکل ۱: تغییرات غلظت نفتالین به غلظت اولیه نفتالین نسبت به زمان در pH های مختلف (مقدار کربن فعال حاوی نانو ذرات تثبیت شده ۵ gr/L و ۲۰W UV-C



شکل ۲: تاثیر غلظت اولیه نفتالین بر بازدهی حذف در زمان (مقدار کربن فعال حاوی نانو ذرات تثبیت شده gr/L ۵)

بحث

تاثیر درصد کربن فعال حاوی نانو ذرات تثبیت شده

باتوجه به شکل ۳ مشخص است که با افزایش غلظت کربن فعال حاوی نانو ذرات تثبیت شده در سطح آن بازدهی حذف افزایش مییابد. علت این امر نیز افزایش تعداد جایگاههای فعال سطحی بروی نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم است. همان طور که دیده می شود درصد حذف نفتالین در مقادیر ۱۰، ۵، ۲ dr/L از کربن فعال در زمان ۳ ساعت بهترتیب

اثر اکسیژن محلول بر حذف نفتالین

سرعت و کارایی فرایندهای فوتوکاتالیستی به طور قابل توجهی در حضور اکسیژن و یا افزودن بعضی عوامل اکسیدکننده نظیر پراکسیدها بهبود مییابد. علت این موضوع را میتوان چنین بیان کرد، که مولکول اکسیژن به عنوان یک عامل گیرنده الکترون عمل کرده و مانع از ترکیب مجدد الکترون – حفره در سطح کاتالیست می شود و در نتیجه آنیون سوپر اکسید که عاملی

دوره چهارم / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۰ سکی محیط ایر ان فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایر ان

اکسیدکننده است تولید شده و مجددا از طریق انجام واکنش ممکن است تولید رادیکال هیدروکسیل کند. به منظور بررسی حضور اکسیژن در یک مرحله با استفاده از محلول سولفید سدیم (۱۰ gr/L) اکسیژن محلول موجود در نمونه را حذف نموده و از طرف دیگر در ظرفی دیگر، با استفاده از پمپ اکواریوم هوادهی انجام شد و غلظت اکسیژن محلول به ppm ۶،۲ رسانده شد و میزان حذف نفتالین را محاسبه گردید. طبق شکل ۴ نتایج بیانگر این موضوع می باشد که میزان حذف نفتالین در حالت هوادهی بیشتر از حالت عادی ونیز در حالت

بـه ۹۶ درصد افزایش یافته و در دقیقه ۱۰۰ راندمان حذف β-نفتول نزدیک به ۹۰ درصد بوده اسـت و علت این امر را تولید ازن ناشـی از تابش پرتوهای UV-C و اکسیداسیون شیمیایی ناشی از ازن میباشد(۵).

مقایسه بازدهی نانو ذرات تثبیت شده و نانو ذرات معلق در نقطه pH بهینه

به منظور بررسی تف اوت بازدهی میان استفاده از روش نانو ذرات معلق در سیستم و روش نانو ذرات تثبیت شده در جایگاه ثابت این بررسی صورت گرفت. در شکل ۵ مشاهده می شود

•••• Series1 – - Series2 - Series3



شکل ۴: تاثیر اکسیژن محلول بر حذف نفتالین(مقدار کربن فعال حاوی نانو ذرات تثبیت شده gr/L ۵ و UV-C 20W)

که در حالت استفاده از نانو ذرات دگوسا به صورت معلق میزان حذف در مرحل زمانی مشابه از نانو ذرات تثبیت شده بالاتر میباشد و در زمان ۳ ساعت بازدهی حذف تقریبا کامل میباشد در صورتی که نانو ذرات تثبیت شده پس از ۳ ساعت حدود ۹۲ درصد حذف دارند. ولی علی رغم بازدهی بالاتر به عادی نیز حذف نفتالین بیشتر از حالت بدون اکسیژن محلول بود. Qourazal نشان داد در غیاب اکسیژن، حذف β - نفتول افت شدیدی می کند، به طوری که در غیاب اکسیژن و زمان پرتودهی ۳ ساعت حذف β - نفتول ۴۷/۶ درصد بوده و راندمان حذف در حضور اکسیژن با غلظت ۶ میلی گرم بر لیتر

> ا مستان ۱۳۹۰ دی ای مستان ۱۳۹۰ فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران

دلیل مشکلات مربوط به بازیابی نانو ذرات و اتلاف بیش از اندازه و غیر اقتصادی شدن فرایند استفاده از روش نانوذرات معلق به تدریج رو به کاهش است.همچنین با مقایسه نتایج با راکتورهای شاهد می توان مشاهده نمود راندمان حذف در حالت استفاده تنها از UV حدود ۱۱ درصد و در حالت استفاده توام از کربن فعال و UV حدود ۳۹ درصد می باشد. **کینیک واکنش**

عوامل متعددی ممکن است بر نحوه عملکرد واکنش ها اثر گذار باشد، بر اساس غلظت آلاینده بر سرعت واکنش ها یک واکنش می تواند دارای درجه صفر، اول و دوم باشد. بر اساس مدل های سینتیکی فرایندهای فو توکاتالیستی مشخص شده که این فرایند از درجه یک است و مدل لانگمیر – هینشلوود، مدل سینتیکی است که برای توصیف واکنش های درجه اول در سطح مشترک بین فازهای جامد –مایع کاربرد داشته و رابطه آن به صورت زیر است:

$$r_{a} = -dc/dt = K_{r} K_{a} C/(1+K_{a}C)$$
 (1)

در این رابطه C، K_r ،K_a ،C به ترتیب غلظت اولیه، ثابت جذب و ثابت سرعت می باشد(۱۲). اگر نمودار (Ln(CO/C) نسبت به زمان رسم و تغییرات این پارامترها به صورت خط راست نمایش داده شود، شیب خط

معادل ثابت سرعت واکنش درجه اول است.جدول ۱ مقادیر k و R² واکنش تجزیه فوتوکاتالیستی نفتالین را در شرایط بهینه نشان می دهد، همان طور که دیده می شود روند تغییرات غلظت با زمان از مدل سنیتیکی درجه اول می باشد و می توان اثر غلظت را بروی ثابت سرعت واکنش دید(با افزایش غلظت اولیه مقدار ثابت سرعت واکنش کاهش می یابد).

نتيجه گيرى

برای حذف آلاینده های سخت تجزیه پذیر به جای استفاده از فرایندهای معمول بیولوژیکی می توان از فرایند فو تو کاتالیستی با بازدهی بالا و سرعت بیشتر استفاده کرد. درصد حذف نفتالین با غلظت pm ۱۰۰ در pH های ۱۱، ۹، ۷، ۳ در زمان سه ساعت به تر تیب برابر با ۳۷، ۶۱، ۸۷، ۹۲ درصد است. با کاهش غلظت آلاینده، بازدهی حذف افزایش می یابد و در غلظت pm ۲۵ تفتالین در زمان ۲ ساعت راندمان حذف کامل می باشد.

با افزایش غلظت کربن فعال حاوی نانو ذرات TiO₂ (تثبیت شده بر روی آن)، درصد حذف آلاینده افزایش مییابد. ثابت سرعت در غلظتهای ۱۰۰ ppm، ۷۵، ۵۰، ۲۵ برابر با ۰/۰۱۹۸۷، ۰/۰۲۶۶۲، ۰/۰۲۹۰۷، ۰/۰۲۹۵۳ است، مشاهده می شود با کاهش غلظت سرعت واکنش نیز افزایش مییابد.



شکل۵: مقایسه حذف نفتالین توسط نانو ذرات "TiO به حالت معلق در نمونه و تثبیت یافته بر روی کربن فعال

دوره چهارم / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۰ با مرتب و کی فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایر ان

) • •	•/• \ 9AV	+/ ٩ ٧۶۴
۷۵	•/•7887	+/9XVV
۵۰	• / • Y 9 • V	•/9847
۲۵	•/•٢٩۵٣	•/٩۶٨١

جدول ۱: مقادير k و R² و اكنش تجزيه فو تو كاتاليستي نفتالين در شرايط بهينه (مقدار كربن فعال حاوى نانو ذرات تثبيت شده gr/L و UV-C 20W و PH=۱۱)

ل کی دورہ چھارم / شمارہ چھارم / زمستان ۱۳۹۰ فصلنامه علمى پژوهشى انجمن علمى بهداشت محيط اير ان

 Jafapour M. Evaluation of bioreactor and advanced oxidation process for wastewater treatment, Proceedings of Seminar of Environmental Engineering; 2006; Tarbiat Modares University, Tehran (in Persian).

منابع

- 2. Hemmati Borji S, Nasseri S, Nabizadeh R, Mahvi AH, Javadi AH. Photocatalytic degradation of phenol in aqueous solutions by Fe(III)-doped TiO2/UV Process. Iranian Journal of Health and Environment. 2011;3(4):369-80 (in Persian).
- Rahmani A, Enayati Movafagh A. Investigation of photocatalytic degradation of phenol through UV/ TiO2 Process. Journal of Water & Wastewater. 2006;58:32-37 (in Persian).
- Ania CO, Bandosz TJ. Importance of structural and chemical heterogeneity of activated carbon surfaces for adsorption of dibenzothiophene, Langmuir. 2005;21(17):7752–59.
- 5. Fujishima A, Rao TN, Tryk DA. Titanium dioxide photocatalysis. Journal of Photochemistry and Photobiology C Photochemistry Reviews. 2000;1(1):1-21.
- 6. Ania CO, Parra JB, Pevida C, Arenillas A, Rubiera F, Pis JJ. Pyrolysis of activated carbons exhausted with organic compounds. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2005;74(1-2):518-24.
- Zielinska B, Grzechulska J, Grzmil B, Morawski AW. Photocatalytic degradation of Reactive Black 5 A comparison between TiO2-Tytanpol A11 and TiO2-Degussa P25 photocatalysts. Applied Catalysis B: Environmental. 2001;35(1):1-7.
- 8. Qourzal S, Barka N, Tamimi M, Assabbane A,

Nounah A. Ihlal A, et al. Sol–gel synthesis of TiO2– SiO2 photocatalyst for β -naphthol photodegradation. MaterialsScienceandEngineering: C. 2009;29(5):616– 20.

- 9. Diebold U. The surface science of titanium dioxide. Surface Science Reports. 2003;48(5-8):53-229.
- 10. Ganeian MT. Activated sluge and photocatalystic for Azo 19 Color. [dissertation]. Tarbiat Modares University: Iran; 2009 (in Persian).
- Tomoki, T., Naoko, K., Ikuichiro, I., Norio, I., Masahiro, T., Michio, I.," Carbon coating of anatase-type TiO2 and photoactivity. J Mater Chem. 2002;12:1391–96.
- Daneshvar N, Hejazi MJ, Rangarangy B, Khataee AR. Kinetic modeling of photocatalytic degradation of Acid Red 27 in UV/TiO2 process. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. 2004;168(1–2):39–45.
- 13. TrybaB. Increase of the photocatalytic activity of TiO2 by carbon and iron modification. International Journal of Photoenergy. 2008;doi:10.1155/2008/721824
- Seredych M, Gierak A. Influence of water on adsorption of organic compounds from its aqueous solutions on surface of synthetic active carbons. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. 2004;245:61–7.
- Ania CO, Cabal B, Pevida C, Arenillas A, Parra JB, Rubiera F, et al. Removal of naphthalene from aqueous solution on chemically modified activated carbons. Water Res. 2007;41(2):333-40.

دوره چهارم / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۰ **کا کریک و گرط** فصلنامه علمى پژوهشى انجمن علمى بهداشت محيط اير ان

Treatment and Kinetic of Synthetic Wastewater Containing β-naphthol by Nano Titanium Oxide Coated on Activated Carbon

*Khodadadi A.¹, Ganjidoust H.², Ijad panah H.²

¹Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran ²Department of Civil Engineering, Faculty of Environmental Engineering Division, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received; 11 July 2011 Accepted; 11 October 2011

ABSTRACT

Background and Objectives: Many industrial effluent plants contain amounts of hard biodegradable compounds such as β -naphthol which can be removed by conventional treatment systems. The objective of this research is to treat wastewater containing naphthalene by nano titanium oxide coated on activated carbon.

Materials and Methods: Photocatalytic experiments were carried out for different concentrations of β -naphthol using time and pH as dependent factors. Nano TiO2 coated on activated carbone in one liter batch reactor and the resultants compounds' concentration were measured in a photocatalytic reactor with UV-C of 12 Watt.

Results: The experimental results indicated that UV/ nano TiO2 coated on activated carbone removed 92% of β -naphthol with concentrations of 100 mg/L within an overall elapsed time of three hours. β -naphthol total removal with concenteration of 25 mg/L was observed in two hours.

Conclusions: UV/ nano TiO2 process is very fast and effective method for removal of β -naphthol and pH 11 was indicated as the optimum pH.

Keywords: β -naphthol, Synthetic wastewater, Nano-TiO2 Photo catalysis process, Activated carbon

*Corresponding Author: *akdarban@modares.ac.ir Tel:* +98 9126185023 *Fax:*+98 21 88 4914