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

دوره ششم, شماره دوم, تابستان ۱۳۹۲, صفحات ۲۴۳ تا ۲۵۶

مقایسه تجزیه فتوکاتالیستی رنگ سیاه ۲۶ از فاضلاب سنتتیک با استفاده از نانو دی اکسید تیتانیوم تثبیت شده بر الیاف گونی و سوسپانسیون

سميه على جانى ،محمد واعظ ، عبدالصمد زرين قلم مقدم "

دریافت: ۹۱/۰۹/۱۶ پذیرش: ۹۱/۱۲/۱۳

جكىدە

زمینه و هدف: نگرانی روز افزون در مورد تخلیه رنگهای سنتتیک به آبهای طبیعی در حین فرآیند رنگدهی در صنایع مختلف، استفاده از عملیاتهای مؤثر جهت حذف و جداسازی این آلاینده ها را ضروری می سازد. در این مقاله، از نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم تثبیت شده جهت تخریب فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ در یک راکتور بستر ثابت استفاده شد.

روش بررسی: در این بررسی، از الیاف گونی به عنوان پایه برای تثبیت فتوکاتالیست استفاده شد. خواص ساختاری فتوکاتالیست های تثبیت شده با استفاده از آنالیزهای SEM و XRD و XRD مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی عملکرد فرایند تخریب از اسپکتروفتومتری جذب vis-vis و آنالیز مقدار اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) استفاده شد. اثر PH، آنیونها، مقدار _بO₄ و غلظت اولیه رنگ بر روی میزان رنگزدایی در سیستم تثبیت شده مورد بررسی قرار گرفت و مقادیر بهینه آنها مشخص گردید.

یافتهها: آنالیز SEM تشکیل بلورهای ، TiO را بر روی الیاف گونی تأیید میکند. نتایج XRD نشان میدهد که در نتیجه عملیات تثبیت، در ساختار بلوری فتوکاتالیست تغییر چندانی اتفاق نمیافتد. نتایج نشان میدهد که میزان رنگ باقیمانده در سیستم تثبیت شده پس از گذشت ۱۴ از تجزیه رنگ اسیدی، ۴۰٪ و کمتر از سیستم سوسپانسیون (۵۴٪) است. نتایج COD نشان میدهد که ذرات ، TiO تثبیت شده بر روی الیاف گونی، تقریبا ۹۴٪ ترکیبات آلی موجود در محلول را پس از گذشت ۴۴ از تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی تخریب میکند. ن**تیجه گیری**: استفاده از نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم تثبیت شده بر الیاف گونی میتواند به عنوان یک روش مؤثر و کم هزینه، در حذف آلاینده ه

از فاضلاب به کار رود.

واژگان کلیدی: تصفیه فاضلاب سنتتیک، نانو ذرات دیاکسید تیتانیوم، فتوکاتالیست تثبیت شده، الیاف گونی، رنگ اسیدی سیاه ۲۶

- ۲- دانشجوی دکترای مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس
- ۳- (**نویسنده مسئول**): دکترای مهندسی شیمی، استاد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس zarrin@modares.ac.ir

۱- دانش آموخته دکترای مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

حدودا چهار میلیارد نفر از مردم سراسر جهان، به آب تمیز دسترسی ندارند و یا دسترسی اندکی به آب تمیز دارند. این نتایج آماری در آینده نزدیک، به دلیل تخلیه بی حد و اندازه میکروآلایندهها و آلایندهها از جمله رنگزاها و رنگدانهها به سیکل طبیعی آب افزایش خواهد یافت(۱). بررسیها نشان می دهد که در دهه اخیر، ۲۰۰۰ نوع رنگزا و رنگدانه به صورت صنعتی تولید شده و بیش از million ton از این مواد، در صنایع مختلف مانند نساجی، چرم، صنایع غذایی و پلاستیک استفاده می شود. حجم قابل توجهی از این مواد در این صنایع، در حین فرایند رنگدهی، وارد پساب می شود و منجر به مشکلات زیست محیطی می گردد(۲). تاکنون، بسیاری از روش های متداول مانند روش های فیزیکی (مثل جذب)، روش بیولوژیکی، روش های شیمیایی (مثل کلرزنی و ازن زنی) و ترکیبی از این روش ها به طور وسیعی برای تصفیه پساب های حاوی این آلایندها استفاده شده است(۱).

فرآیندهای متداول برای تصفیه این پسابها مانند جذب یا انعقاد، به اندازه کافی مؤثر نیستند چون این روشها، باعث تخریب ناقص ترکیبات آلاینده می شوند و فقط این ترکیبات را از یک فاز به فاز دیگر منتقل می کنند؛ به علاوه، استفاده از جاذب معمولا گران و پرهزینه است(۱). سایر فرایندهای متداول نصفیه آب مانند رسوبگذاری، فیلتراسیون، تکنولوژیهای غشایی هزینههای عملیاتی بالایی دارند و می توانند آلایندههای سمی ثانویهای در اکوسیستم تولید کنند(۱). استفاده از فتوکاتالیستها، به عنوان یکی از فرآیندهای اکسیداسیون فتوکاتالیست با تجزیه آلاینده یا تبدیل آن به موادی که کمتر مضر هستند، در حضور نور UV و یا نوری نزدیک به طیف فشار اتمسفری و در دمای اتاق یا نزدیک به آن مورد استفاده قرار بگیرد(۴).

در میان انواع مختلف فتو کاتالیستها، ۲iO، به عنوان فتو کاتالیست نیمههادی، در تبدیل آلایندههای آلی به مواد بی ضرر به طور گستردهای استفاده می شود (۷-۵). ۲iO در مقایسه با سایر فتو کاتالیستها مانند ZnO, CdS, Fe

ZnS , و ,WO ، نسبتا خنثی، غیرسمی، ارزان تر و در برابر خوردگی مقاوم است. به هرحال، بسیاری از بررسیهای تجزیه فتو کاتالیستی آلاینده های آبی با استفاده از ,TiO پودری و به فرم سوسپانس شده در محلول انجام می شود (۸و۹). علاوه بر کلوخه شدن ذرات در سیسستم دوغابی، از نقطه نظر جداسازی فتو کاتالیست از مخلوط واکنش، فرآیند بازیافت ذرات فتو کاتالیستی (۲۰۰m) از محیط، وقت گیر و پرهزینه است (۱۰). لذا تثبیت کاتالیست روی یک پایه مناسب حائز اهمیت است. تاکنون از پایه های مختلفی مانند شیشه، کربن فعال، سیلیکا، مواد پلیمری، سنگ متخلخل (Pumice Stone)، فولاد ضدزنگ، ماسه، کوارتز، آلومینا و فوم های سرامیکی برای تثبیت فیلم ,TiO استفاده شده است (۱۰–۱۴).

بسیاری از این زیر لایهها، به صورت گرانوله به کار رفتهاند که ممکن است بازده فتوکاتالیستی را به شدت تحت تأثیر قــرار دهــد، به دلیل این کــه _۲iO بارگذاری شــده در منافذ این نوع پایهها، دسترسی اندکی به نور فوتون دارد(۱۵). در این بررسمی، برای اولین بار از الیاف گونیهای بکار رفته در کارهای عمرانی، به عنوان پایه استفاده شده است و انتظار میرود که ساختار فیبر مانند گونی، دسترسی نور UV به ذرات فتوكاتاليستي را تسميل كند. اين نوع گوني، معمولا در عایقکاری ساختمانی استفاده می گردد، لذا از پایداری مکانیکی و دوام خوبی به منظور استفاده در تصفیه آب برخوردار است. امكان جابجایی آسان آن نسبت به پایه های گرانوله، قیمت بسیار پایین و دسترسی آسان از سایر ویژگیهای این نوع گونی است. در این مقاله، نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم بر روی گونی تثبیت شده و برای تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ (Acid Black ۲۶) به کار رفته است. رنگ اسیدی سیاه ۲۶ در صنايع چاپ، نساجي و چرم بهطور گسترده استفاده مي شود و متعلق به خانواده رنگهای آزو(Azo Dyes) است که در ساختار آنها پیوند -N=N وجود دارد. رنگهای آزو حدود ۶۰ تا ۷۰٪ از رنگ های سنتتیک را به خود اختصاص میدهند. سالیانه ۱۵٪ از این دسته از رنگ ها وارد فاضلاب ها شده و منجر به مشکلات زیستمحیطی جدی می شوند(۲). در این بررسمی از رنگ اسیدی سیاه ۲۶ به عنوان آلاینده مدل استفاده شده است. به علاوه، پارامترهای مؤثر بر بازده فتوکاتالیستی

DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.2.0

Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-27

دیاکسید تیتانیوم در تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶، مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها

مواد شیمیایی مورد استفاده

در این بررسی، از رنگ اسیدی سیاه ۲۶ ($N_a N_a O_v S_v$) ۲۶ سیبا، به عنوان Mw = ۶۹۷ g/mol)، تهیه شده از شرکت سیبا، به عنوان رنگزا استفاده گردیده است. نمکهای مورد استفاده و همچنین $P_v O_v$ از شرکت Merck تهیه شدهاند. کاتالیست مورد استفاده ۲۵ Merck تهیه شدهاند. کاتالیست مورد استفاده ۲۵ AEROXIDE Tio (اندازه متوسط ذرات حدودا nn ۲۱، درصد خلوص بالای ۹۸ و نسبت آناتاز به روتایل آن ۸۰ به ۲۰) است که از شرکت Evonik آلمان خریداری گردیده است.

تثبیت نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم بر روی الیاف گونی

g ۵ دی اکسید تیتانیوم وزن شده (ترازو مدل Sarturis) و به سلم ۱۸۰ اتانول اضافه و به شدت همزده شد تا سوسپانسیونی از مخلوط تهیه شود (همزن الا از نیتریک اسید پس از گذشت نیم ساعت از همزدن مخلوط، از نیتریک اسید رقیق جهت انحلال بهتر و ایجاد مخلوط یکنواخت تر استفاده گردید. بدین منظور mL تنیتریک اسید با ۳=PH به محلول اضافه شد و سوسپانسیون حاصله به مدت in ۱۰ در حمام اسافه شد. این روش آماده سازی، اساسا توسط گروهی از محققان در مرکز تحقیقات انرژی هلند ارائه شده و روش مناسبی برای تهیه سوسپانسیون مرده بر ماند گزارش شده است (۱۶).

در این بررسی، از الیاف گونی به عنوان پایه برای تثبیت نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم استفاده شد. قطعه ای از الیاف گونی در ابعاد ۳mm×۲۵۰mm توسط آب دو بار تقطیر (DI) و استون کاملا شسته شد تا هیچ گونه آلودگی بر روی آن باقی نماند. سپس گونی برای مدت زمان مشخص درون محلول دوغابی ۲۵۰۲ غوطه ور گردید. پس از خشک شدن نمونه پوشیده شده با ۲۵٫۲ در دمای اتاق به مدت یک شبانه روز، محصول حاصله به مدت h و در دمای ۲۰ ۲۰۰، با سرعت گرمایش/ سرمایش ۲۰۳۲ ۲۰ کلسینه گردید (کوره

الکتریکی مـدل Lenton). در نهایت، بـه منظور حذف نانو ذارت ۲iO_۲ای که به پایه نچسـبیده، الیاف گونی پوشیده شده بـا ۲iO_۲ با آب دو بار تقطیر شسـته و در دمای اتاق به مدت یک شبانه روز خشک گردید. تعیین مشخصات فتوکاتالیست تثبیت شده

به منظور بررسی ساختار بلوری برای دو نمونه پودر TiO تثبیت نشده و TiO پس از فرآیند تثبیت، آنالیز XRD توسط دستگاه ۱۱۴۰ PHILIPS PW با منبع اشعه X از نوع CuKa انجام شد. کسر جرمی روتایل در هر دو نمونه با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید(۶):

 $X_{R} = \frac{(I_{R} / I_{A})0.79}{1 + (I_{R} / I_{A})0.79}$

که در آن X_R جزء جرمی فاز کریستالی روتایل و I_A و I_R آسدت بازتابش اشعه ایکس برای فاز کریستالی آناتاز I_R (در $^0 2.52 = 20$) و روتایل (در $^0 2.52 = 20$) است. (در $^0 2.52 = 20$) است. همچنین اندازه دانه های کریستال، از روی پهنای برآمدگی های متناظر در منحنی XRD از رابطه Scherrer محاسبه شد(?). BAL به عـلاوه، مورفولوژی سطح نمونه ها (الیاف گونی قبل و پس از تثبیت) توسط آنالیز SEM با استفاده از BAL پس از تثبیت) توسط آنالیز MES با استفاده از Mac Scherrer در منحنی TEC SCDOOS محاسبه ایزوترم جذب و سطح پایه قبل و پس از تثبیت، به وسیله ایزوترم جذب و Micromeritics ۲۰۰۰ (ASAP با استفاده از Micromeritics ۲۰۰۰ (ASAP ۲۰۰۰, Micromeritics, مشخص گردید.

بررسي فعاليت فتوكاتاليستي

ب منظور انجام واکنش تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ در سیستم تثبیت شده، از یک ظرف مستطیلی پیریکس (۲۵۰mm×۲۵۰mm) ب صورت ناپیوسته به عنوان راکتور استفاده شد. از ۴ لامپ A–UV ^۱ -۲۵۰۰۰ cm⁻¹ به عنوان منبع تابش استفاده گردید. شدت تابش هر یک از لامپها، حدودا ۲۰۳ مستفاده گردید. شدت تابش هر یک از لامپها، حدودا تا سطح بستر تثبیت شده mm اندازه گرفته شد. فاصله لامپها تا سطح بستر تثبیت شده mm ۵۰ است. فرایند تخریب در دمای ۲۵^۰C توسط آبی رنگ اسیدی

سیاه ۲۶ با غلظت اولیه ۵۰ ppm صورت گرفت. جهت تأمین هوای مورد نیاز برای هوادهی و همچنین همزدن محلولها، از دو پمپ هوا (Hailea Aquarium, ACO-۵۵۰۴) با دبی ۱ L/min استفاده شد. هر گونه اثر حرارتی ناشی از لامیها توسط فن تعبیه شده در راکتور، کنترل می گردد. به منظور بررسمی اثر pH محلول بر تجزیه فتوکاتالیستی رنگ، pH توسط اسیدنیتریک و یا سود M ۱/۱ تنظیم و در محدوده ۳/۵-۱۰/۵ تغییر داده شــد(PH متر با مدل Martini, MI۵۶). به علاوه، به منظور بررسي اثر غلظت آب اكسيژنه بر تجزيه Acid •/۲–•/۸ mg/L در محدوده H_vO_v غلظت Black ۲۶ تغییر داده شد. از چهار محلول نمک ، NaCl ، Na,SO ، Na₂CO و Na₄CO با غلظت ۱/۵ mM استفاده گردید تا اثر آنیون ها بر سرعت تجزیه رنگ اسیدی سیاه ۲۶ بررسی گردد. نمونهها، از یک محل ثابت و در فواصل زمانی مشخص برداشته شدند. به منظور تعیین مقدار رنگ حذف شده، ابتدا نمونه های جمع آوری شده فیلتر (BIOFIL •/۲۲ um). شــده و سپس مورد آنالیز قرار گرفتند. بدین منظور، از دستگاه اسپکتروفتومتر UV-vis Varian Carry ۵۰ conc استفاده گردید. مقدار ماکزیمم جذب برای رنگ اسیدی سیاه ۲۶، در محدوده نور مرئی در طول موج ۵۵۰nm است. به علاوه، به منظور بررسمي اثر نانو ذرات تثبيت شده روى الياف گوني، تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ در ۴ سیستم مختلف با یکدیگر مقایسه شدند: (الف) الیاف گونی با تابش نور UV، (ب) TiO, (ج) تثبيت شده بدون تابش نور UV، (ج) دوغابی با تابش نور UV و (د) ، TiO تثبیت شده با تابش نور UV. در هر ۴ سیستم، از محلول رنگ با غلظت اولیه DV ۵۰، pH خنثی و آب اکسیژنه با غلظت ۸/۵۲۸ mg/L استفاده گردید. در سیستم سوسپانسیون از وزن معادل TiO در سیستم

تثبیت شده یعنی به اندازه J/۲ g/L استفاده شد. به علاوه امکان استفاده مجدد از فتوکاتالیست تثبیت شده نیز بررسی گردید. برای این منظور، فعالیت فتوکاتالیستی TiO تثبیت شده، پس از گذشت ۴ سیکل متوالی ۷۰ min رزیابی شد. به منظور رزگ اصلی، از روش بررسی مقدار اکسیژن مورد نیاز شیمیایی رنگ اصلی، از روش بررسی مقدار اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) استفاده گردید. برای اندازه گیری COD از ویال مخصوص Merck استفاده شد و پس از گذشت ۲ از عملیات هضم در راکتور با دمای ۲۰۸۵، مقدار COD با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه گرفته شد. میزان COD حذف شده با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید(۲).

COD - COD_i / COD_i حذف شده COD_i ا اکسیژن شیمیایی خواهی اولیه محلول و COD اکسیژن شیمیایی خواهی محلول پس از گذشت مدت زمان مشخص است. به منظور اطمینان از صحت دادهها، آزمایشات در هر مرحله ۳ بار تکرار گردید و متوسط نتایج به دست آمده ارائه شد.

يافتهها

TiO, نتایج حاصل از پراش اشعه ایکس نانو ذرات TiO, نتایج حاصل از پراش اشعه ایکس نانو ذرات TiO, پودری و TiO, تثبیت شده بر روی الیاف گونی در شکل ا نشان شده است. به علاوه، نتایج حاصل از محاسبات پارامترهای ساختاری، در جدول ۱ آورده شده است. با مقایسه اندازه کریستال و درصد آناتاز در نمونه TiO, نید مقایسه اندازه کریستال و درصد آناتاز در نمونه TiO, نید مقایسه اندازه کریستال و درصد آناتاز در نمونه توان تریند مقایسه اندازه کریستال و درصد آناتاز در نمونه مان TiO, نید مقایسه اندازه کریستال و درصد آناتاز در نمونه مقایسه اندازه کریستال و درصد آناتاز در نمونه مقایسه تثبیت، تأثیر قابل توجهی در تغییر مشخصات ساختاری فتوکاتالیست نداشته است. به علاوه نتایج مربوط به مساحت سطح الیاف گونی قبل و پس از تثبیت به ترتیب ۱/۱۱۲۳ m

نمونه	درصد وزنی آناتاز در نمونه	اندازه بلور (nm)
پودر ۲iO _۲ تثبیت نشده	$\Lambda\Lambda/\Delta$ f	24
TiO _۲ تثبیت شده روی الیاف گونی	$\Lambda\Delta/\Upsilon$	٣٢
، داده شده است. تصاویر SEM الیاف گونی، شکل	باف گونی و نانو ۲ نشـــان	يج ميكروسـكوپ الكتروني روبشــي الي
، ذرات میلهای شـکل با سـطحی صیقلی را نشـان	ی پایه در شکل ۲ (الف)	ات دیاکسید تیتانیوم تثبیت شده بر رو

جدول ۱: نتایج آنالیز ساختاری نمونههای کاتالیستی حاصل از نتایج XRD

م من من و کی دوره ششم/ شماره دوم/ تابستار فصلنامه علمى يژوهشى انجمن علمى بهداشت محيط ايران

Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-27

میدهـد. همانگونه که در شـکل ۲ (ب) دیده میشـود، با وجود اینکه پوششـی از نانو ذرات دیاکسید تیتانیوم روی سـطح الیاف تشـکیل شده اسـت، اما سیسـتم تثبیت شده

ساختاری مشابه با الیاف گونی بدون حضور نانو ذرات دیاکسید تیتانیوم دارد و ساختار فیبر مانند پایه همچنان حفظ شده است.



شکل ۱: (الف) آنالیز پراش اشعه ایکس نمونه پودر قبل از تثبیت ، (ب) فتوکاتالیست تثبیت شده روی الیاف گونی



شکل ۲: (الف) تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی الیاف گونی (ب) الیاف گونی پس از تثبیت

در بخشهای بعدی صحت این فرض به اثبات خواهد رسید. از آنجا که محدوده تغییرات مرتبه واکنشهای فتوکاتالیستی بسیار محدود و مشخص است، از روش انتگرالگیری برای تعیین مرتبه واکنش در این مرحله استفاده شد. در این روش، پس از انتگرالگیری از معادله حدسی سرعت، خطی بودن تابع معینی از غلظت برحسب زمان بر اساس روش ترسیمی بررسی میگردد. در صورت خطی بودن، مرتبه حدس زده شده برای واکنش صحیح است. در غیراینصورت مرتبه دیگری برای به منظور ارزیابی فعالیت فتوکاتالیستی نانو ذرات دیاکسید تیتانیوم تثبیت شده بر روی الیاف گونی، ۴ فرآیند تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ با یکدیگر مقایسه می شوند: (الف) الیاف گونی با تابش نور UV، (ب) TiO تثبیت شده بدون تابش نور UV، (ج) TiO دوغابی با تابش نور UV و (د) TiO تثبیت شده با تابش نور UV. نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است. لازم بذکر است که رنگزدایی رنگ اسیدی سیاه ۲۶، به صورت واکنش مرتبه اول در نظر گرفته شده است که

دوره ششم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۲ فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایر ان

سرعت واکنش حدس زده شده و بررسی میگردد. در این مرحله، دادههای آزمایشگاهی با معادلات محتمل سرعت (مرتبه اول یا مرتبه صفر) مورد ارزیابی قرار گرفتند و در این میان، واکنش مرتبه اول بیشترین همخوانی را با دادهها داشتند. هرچند این نتیجه گیری با توجه به نوع رنگزا و سایر مقالات قابل انتظار بود.

نتایج تجربی نشان میدهد که جذب رنگ اسیدی بر روی الیاف گونی، پس از گذشت ۳in ۶۰ از زمان تابش نور UV،

به حد اشباع خود میرسد و غلظت رنگ کاهش چندانی پیدا نمی کند. این نشان می دهد که الیاف گونی فعالیت فتو کاتالیستی ندارد و تجزیه رنگ در این مدت زمان، می تواند به دلیل تابش نور UV و حضور ب⁰, H

دی اکسید تیتانیوم تثبیت شده بر روی الیاف گونی بدون تابش نور UV، نیز فعالیت فتو کاتالیستی اندکی را نشان میدهد (شکل ۳ (ب)). میازان جذب رنگ در این حالت، بیشتر از حالت (الف) است.



شــکل ۳: اثر فتوکاتالیســت روی سرعت تجزیه رنگ اسیدی سیاه ۲۶ برای (الف) الیاف گونی با تابش نور UV، (ب) دیاکسید تیتانیوم تثبیت شده بدون تابش نور UV، (ج) دیاکسید تیتانیوم دوغابی با تابش UV و (د) دی اکسید تیتانیوم تثبیت شده با تابش نور UV (غلظت اولیه رنگ: O ppm ، غلظت آب اکسیژنه:PH =۶ ،۰/۵۲۸ mg/L و غلظت آنیون: mM ۰)

نشان میدهد که پس از گذشت h از مدت زمان تابش، تقریبا ۹۴٪ اکسیژن مورد نیاز شیمیایی محلول کاهش مییابد. به منظور بررسی امکان استفاده مجدد از فتوکاتالیست تثبیت شده، تجزیه فتوکاتالیستی رنگ پس از گذشت چهار سیکل مشده، تجزیهی شد (شکل ۵). یافتهها نشان میدهد که فعالیت فتوکاتالیستی TiO تثبیت شده روی الیاف گونی در پایان سیکل چهارم به اندازه ۷۷٪ مقدار اولیهاش باقی میماند. با توجه به شکل ۳ (ج) و (د)، میزان رنگ باقیمانده در سیستم تثبیت شده پس از گذشت ۱ h تقریبا ۴۰٪ و در سیستم دوغابی ۵۴٪ از غلظت اولیه رنگ است که به معنای درصد حذف بیشتر آلاینده در حالت تثبیت شده نسبت به حالت دوغابی است.

نتایج آنالیز اکسیژن مورد نیاز شیمیایی به منظور بررسی تجزیه رنگ و واسطه های حاصله در شکل ۴ آورده شده است. نتایج

> الم مرتقع و کی دوره ششم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۲ فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایر ان



۲۶ شکل ۴: حذف اکسیژن مورد نیاز شیمیایی محلول در طی تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ (غلظت رنگ pH،ppm۲۵ نرمال، H_vO_v:۰/۵۲۸ mg/L و غلظت آنیون: MM



۳۶ شکل ۵: عملکرد فتوکاتالیستی سیکلی نانو ذرات _بTiO تثبیت شده روی الیاف گونی برای تجزیه رنگ اسیدی سیاه ۲۶ (غلظت رنگ pH،ppm۲۵ نرمال، H_vO_v:۰/۵۲۸ mg/L و غلظت آنیون: mM)

دوره ششم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۲ فصلنامه علمى پژوهشى انجمن علمى بهداشت محيط اير ان

کاهش می یابد. بر این اساس، مقدار بهینه غلظت رنگ، ۲۵ ppm گزارش می شود. به علاوه، نتایج نشان می دهد که با تغییر غلظت اولیه رنگ اسیدی سیاه ۲۶، سرعت تجزیه رنگ نسبت به زمان در سیستم تثبیت شده به صورت نمایی تغییر می کند. ضرایب تصحیح (^۲R) در تمامی شرایط بزرگتر از ۱۹۹۸ است، بنابراین فرضیه واکنش مرتبه اول در مورد تجزیه

این رنگ اسیدی در سیستم تثبیت شده منطقی است. در این بررسی اثر حضور چهار نمک ، NaCl, Na,SO, رنگ مAHCO و ، K,CO بر سرعت تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ در سیستم تثبیت شده مورد بررسی قرار گرفت. همان گونه که در شکل ۶ (ج) مشاهده می شود، تأثیر آنیونها در کاهش فعالیت فتوکاتالیست برای تجزیه رنگ اسیدی سیاه ۲۶ به صورت زیر است:

 $\mathrm{SO}_{\tau}^{-\tau} < \mathrm{Cl}^{-} < \mathrm{HCO}_{\tau}^{-\tau} < \mathrm{CO}_{\tau}^{-\tau}$

ش کل ۶ (الف)، میزان رنگزدایی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ را براساس مدت زمان تابش برای غلظتهای مختلف پراکسید هیدروژن توسط فتوکاتالیست تثبیت شده همراه با مقادیر ثوابت سرعت واکنش (k) و همچنین ضریب تصحیح (۳) نشان میدهد. همان گونه که نتایج شکل ۶ (الف) نشان میدهد، با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن از ۲۸۵۰ تا ۲۸۲۸ mg/د، سرعت تجزیه رنگ افزایش مییابد. به هر حال، با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن بالاتر از ۲۸۵۸ mg/د، کاهش در سرعت تجزیه رنگ مشاهده می شود. در شکل ۶ (ب)، تجزیه رنگ اسیدی سیاه ۲۶ توسط ۲۵٫۲ تثبیت شده بر روی الیاف رنگ اسیدی سیاه ۲۶ توسط ۲۵٫۵ تثبیت شده بر روی الیاف زمان تابش، به همراه ثوابت سرعت واکنش و همچنین ضرایب تصحیح (۲) نشان داده شده است. همان گونه که نتایج نشان میدهد با افزایش غلظت رنگ اسیدی سرعت تجزیه رنگ



(الف) رنگزدایی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ توسط ۲iO_۲ تثبیت شده بر روی الیاف گونی در حضور مقادیر مختلف پراکسید هیدروژن (غلظت رنگ ۵۰ppm، pH، نرمال و غلظت آنیون: mM ۰)

(ب) رنگزدایی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ توسط TiO_۲ تثبیت شده برای مقادیر مختلف رنگزا (pH ،H₂O₂:•/۵۲۸ mg/L نرمال و غلظت آنیون: ۰ mM

شکل ۶ : اثر مقادیر مختلف آب اکسیژنه، رنگزا، pH و آنیونها روی تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶

الم من و کچک دوره ششم/ شماره دوم/ تابستان فصلنامه علمى يژوهشى انجمن علمى بهداشت محيط ايران



(ج) اثر افزودن آنیون بر رنگ زایی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ توسط FIO تثبیت شده بر الیاف گونی (غلظت رنگ اسیدی سیاه ۲۶ ppm م. mg/L H2O2:1/0۲۸ غلظت آنیون H30M و PH نرمال)

رمان رفیقها) (د) اثر تغییر pH بر تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ توسط ۲ تثبیت شده روی الیاف گونی (غلظت رنگ اسیدی سیاه ۵۰ppm ۲۶، Mg/L و غلظت آنیون: ۳۵۸ - بای20: ۱/۵۲۸ و

ادامه شکل ۶ : اثر مقادیر مختلف آب اکسیژنه، رنگزا، pH و آنیونها روی تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶

در شکل ۶(د) اثر تغییر pH بر تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی توسط ۲iO_۷ تثبیت شده نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می شود، با افزایش pH، میزان رنگزدایی کاهش مییابد.

بحث

_ تعیین مشخصات کاتالیست تثبیت شدہ

مشخصات ساختار بلوری کاتالیست تثبیت شده با استفاده از آنالیز پراش اشعه ایکس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج XRD نشان داد که خواص ساختاری نانو ذرات TiO, پودری و تثبیت شده تفاوت چندانی ندارد و تفاوت اندکی که در نتایج پراش اشعه ایکس بین دو نمونه دیده می شود، می تواند به دلیل حضور پایه باشد؛ بنابراین انتظار می رود که نمونه تثبیت شده خواص کاتالیستی مشابه با نمونه پودری ارائه دهد. افزایش

مساحت سطح کاتالیست پس از تثبیت نیز نشان میدهد که می توان از نمونه تثبیت شده خواص فتوکاتالیستی قابل قبولی انتظار داشت. با توجه به نتایج SEM و حفظ ساختار فیبرمانند پایه پس از تثبیت نیز می توان انتظار داشت که این ساختار، می تواند امکان نفوذ نور UV را به فتوکاتالیست ، TiO فراهم سازد. تحقیقات نشان میدهد که در مواد فیبری در مقایسه با سازد. تحقیقات نشان میدهد که در مواد فیبری در مقایسه با پایههای گرانوله، دسترسی ، TiO به نور افزایش می یابد به مدلی آن که بخش اعظمی از ذرات ، TiO در سطح بارگذاری مقایسه تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ در سیستم دوغابی و تثبیت شده به منظور ارزیابی فعالیت فتوکاتالیستی نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم تثبیت شده بر روی الیاف گونی، ۴ فرآیند تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ با یکدیگر مقایسه شدند.

DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.2.0]

با توجه به نتایج نشان داده شده در شکل ۳ (الف) و (ب)، ميزان حذف رنگ توسط "TiO تثبيت شده روى الياف گوني در مقایسه با الیاف گونی بدون کاتالیست بیشتر است که این نتيجه را مي توان به حضور دي اكسيد تيتانيوم ته نشين شده روى سطح الياف نسبت داد. با بررسي نتايج شكل ٣ (ج) و (د) و مقایسه آن با نتایج شکل ۳ (ب) و بالاتر بودن مقدار حذف رنگ در سیستم کاتالیستی تحت تابش نور UV در مقایسه با سیستم بدون حضور نور UV، مشخص می شود که تجزیه فتوکاتالیستی نسبت به جذب، سهم عمدهای در رنگزدایی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ دارد. به علاوه، مقایسه نتایج مربوط به حذف رنگ در سیستم تثبیت شده و سوسپانس شده نیز بهبود نفوذ نور در سیستم تثبیت شده را تأیید میکند. در سیستم تثبیت شده، لایه نازکتری از سیال روی سطح فتوکاتالیست وجود دارد، بنابراين عمق نفوذ نور در سيستم تثبيت شده کاهـش می یابد. به علاوه، پر اکندگی نور توسط ذرات TiO کمتر است(۲۰–۱۸)

_ بررســى عملكرد فتوكاتاليســتى TiO, تثبيت شده روى الياف گونى توسط COD

با توجه به اینکه در حین تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶، واسطه های آلی مختلفی تولید می شود، بنابراین تجزیه رنگ باید بر اساس تجزیه رنگ اصلی و واسطه های حاصله ارزیابی شود. بدین منظور، از آنالیز مقدار اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، استفاده شد. نتایج شکل ۴ و کاهش ۹۴٪ اکسیژن خواهی در حین تجزیه کاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶، نشان دهنده قابلیت TiO تثبیت شده روی الیاف گونی در تجزیه بخش اعظمی از ترکیبات آلی موجود در محلول رنگ است.

ـ بررسی امکان استفاده مجدد از فتوکاتالیست TiO, تثبیت شده روی الیاف گونی

باقــی ماندن فعالیت فتوکاتالیسـتی به انــدازه ۷۷٪ مقدار اولیه آن پس از گذشـت ۲۸۰ min ، نشاندهنده چسبندگی خوب ذرات TiO_۲ به سـطح الیاف باشــد که پــس از مدت طولانی (۲۸۰min) نیز از سـطح آن به راحتی جدا نمیشـود. به طور کلی، این نتایج نشان میدهد که امکان استفاده مجدد از TiO تثبیت شده روی الیاف گونی در تصفیه آب آلوده وجود دارد.

- بررســی اثر پارامترهای عملیاتی بر تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶ در سیستم تثبیت شده اثر پراکسید هیدروژن

همان گونه که نتایج شکل ۶ (الف) نشان می دهد، با افزایش پراکسید هیدروژن، سرعت تجزیه رنگ افزایش و سپس کاهش می یابد. اثر مثبت $H_{v}O_{v}$ را می توان به تجزیه پراکسید هیدروژن و افزایش تولید اکسیژن $2O_{2} + H_{2}O_{2} \rightarrow H_{2}O_{2} \rightarrow H_{2}O_{2}$ می تواند به مربوط کرد. به عالاوه، پراکسید هیدروژن می تواند به عنوان یک منبع از رادیکالهای هیدروکسیل عمل کند،

 $H_2O_2 + \overline{e} \to OH^{\bullet} + OH^-$ لذا بدلیل اکسیداسیون آلاینده توسط رادیکال هیدروکسیل، باعث بهبود حذف آلاینده می شود. در غلظتهای بالا، پراکسید هیدروژن به عنوان یک عامل مزاحم که از بین برنده رادیکال هیدروکسیل است، عمل خواهد کرد(۲۱).

اثر غلظت اولیه رنگ اسیدی سیاه ۲۶

همان گونه که نتایج شکل ۶ (ب) نشان می دهد، سرعت تجزیه رنگ با افزایش غلظت رنگ اسیدی کاهش می یابد. این مسئله به دلیل افزایش غلظت واسطههای حاصل از تجزیه رنگها و رقابت آنها با رنگهای اصلی برای جذب فوتون است (۱۹). به علاوه، با افزایش غلظت آلاینده و واسطههای حاصل از تجزیه آلاینده، تعداد رادیکالهای هیدروکسیل ها برای اکسیداسیون آلاینده کاهش می یابد(۱۹). همچنین افزایش غلظت رنگ در محلول، موجب کاهش دسترسی سطوح فعال کاتالیست به نور می گردد. در واقع حضور مولکول های رنگ، باعث پراکندگی نور شده که به نوبه خود با کاهش فعالیت کاتالیست و در نتیجه کاهش میزان حذف رنگ همراه است.

اثر آنيون

از آنجا که احتمال حضور یونهای معدنی حل شده در پسابهای صنایع رنگ وجود دارد، به منظور استفاده کاربردی و عملی از فرآیند فتوکاتالیستی ,TiO برای تصفیه پساب، فهم اصول کلی اثر آنیون روی عملکرد فتوکاتالیستی از اهمیت خاصی برخوردار است(۱). این مواد ممکن است با سایر گونهها برای رسیدن به سایتهای فعال روی سطح ,TiO رقابت کنند و یا این که باعث غیرفعال شدن فتوکاتالیست شوند(۲۲). همان گونه که در شکل ۶ (ج) مشاهده می شود، آنیونها با توجه به قدرت

DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.2.0

اکسیدکنندگی شان روی فعالیت فتوکاتالیستی اثر گذار هستند. در واقع، اثر آنیون را می توان به این صورت تفسیر نمود که با توجه به قدرت اکسیدکنندگی آنیون، آنیون به عنوان گیرنده رادیکال هیدروکسیل روی سطح بoTi عمل میکند و آنیون جایگزین شده روی سطح فتوکاتالیست، باعث افزایش سرعت بازترکیب زوج الکترون _ حفره می شود(۱). اثر pH

به دلیل اینکه پساب خروجی می تواند در حالتهای مختلفی از نظر PH وجود داشته باشد، سه محدوده PH در نظر گرفته می شود.PH اسیدی، PH خنثی و PH بازی. در PH های کمتر از 7/۵۵ (نقطه ZPC دی اکسید تیتانیم (۲۳, ۲۴))، سطح بر TiO دارای بار مثبت می شود که نتیجه آن افزایش جذب مولکولهای آنیونی رنگ بر روی سطح کاتالیست و در نتیجه افزایش میزان تخریب خواهد بود. با افزایش MG، تعداد سایتها با بار منفی افزایش می یابد. از آنجا که سایتهای منفی روی سطح فتوکاتالیست نمی توانند در جذب آنیونهای رنگی مؤثر باشند، در نتیجه افزایش HT با کاهش توانایی تخریب و رنگ ری فتوکاتالیست همراه خواهد بود (۲۱). به علاوه، گزارش شده که تغییر PH در حوالی نقطه ZPC باعث به هم چسبیدن ذرات کاتالیست و در نتیجه ته نشین شدن ذرات می شود. این ته نشینی کاهش بازده حذف را در پی خواهد داشت(۲۵).

نتيجه گيري

تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی سیاه ۲۶، با استفاده از نانو ذرات دیاکسید تیتانیوم تثبیت شده روی الیاف گونی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج XRD، بر اثر فرآیند تثبیت، TiO, نغییری در ساختار فتوکاتالیست تثبیت شده در مقایسه با TiO پودری حاصل نگردید. نتایج SEM تشکیل ذرات TiO, را بر روی الیاف گونی تأیید میکند. آنالیز COD نشان می دهد که نانو ذرات دیاکسید تیتانیوم تثبیت شده روی الیاف گونی، ۹۴٪ ترکیبات آلی موجود در محلول را پس از گذشت M از تجزیه فتوکاتالیستی رنگ اسیدی تخریب میکند. نتایج حاصل از اسپکتروفتومتری نشان می دهد که میزان رنگ بری رنگ اسیدی توسط TiO, تثبیت شده پس از گذشت ۱۸، تقریبا

۶۰٪ و بیش از میزان حذف رنگ توسط سیستم دوغابی (۴۶٪) است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از شرکت Evonik Degussa Iran که با تهیه نانو ذرات دیاکسید تیتانیم از این تحقیق حمایت کردند، سپاسگزاری می گردد.

دوره ششم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۲ کی دوره فصلنامه علمى پژوهشى انجمن علمى بهداشت محيط ايران

منابع

- Chong MN, Jin B, Chow CWK, Saint C. Recent developments in photocatalytic water treatment technology: A review. Water Research. 2010;44(10):2997-3027.
- Rajeshwar K, Osugi ME, Chanmanee W, Chenthamarakshan CR, Zanoni MVB, Kajitvichyanukul P, et al. Heterogeneous photocatalytic treatment of organic dyes in air and aqueous media. Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews. 2008;9(4):171-92.
- 3. Dehghani Fard E, Jonidi Jafari A, Rezae Kalantari R, Gholami M, Esrafili A. Photocatalytic removal of aniline from synthetic wastewater using ZnO nanoparticle under ultraviolet irradiation. Iranian Journal of Health and Environment. 2012;5(3):183-94 (in Persian).
- 4. Jantawasu P, Sreethawong T, Chavadej S. Photocatalytic activity of nanocrystalline mesoporous-assembled TiO2 photocatalyst for degradation of methyl orange monoazo dye in aqueous wastewater. Chemical Engineering Journal. 2009;155(1-2):223-33.
- Hemmati BS, 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).
- 6.Vaez M, Zarringhalam Moghaddam A, Mahmoodi NM, Alijani S. Decolorization and degradation of acid dye with immobilized titania nanoparticles. Process Safety and Environmental Protection. 2012;90(1):56-64.
- Vaez M, Zarringhalam Moghaddam A, Alijani S. Optimization and modeling of photocatalytic degradation of azo dye using a response surface methodology (RSM) based on the central composite design with immobilized titania nanoparticles. Industrial & Engineering Chemistry Research. 2012;51(11):4199-207.
- López-Muñoz M-J, Grieken RV, Aguado J, Marugán J. Role of the support on the activity of silica-supported TiO2 photocatalysts: Structure of the TiO2/SBA-15 photocatalysts. Catalysis Today. 2005;101(3-4):307-14.

- Belhekar AA, Awate SV, Anand R. Photocatalytic activity of titania modified mesoporous silica for pollution control. Catalysis Communications. 2002;3(10):453-58.
- Shan AY, Ghazi TIM, Rashid SA. Immobilisation of titanium dioxide onto supporting materials in heterogeneous photocatalysis: A review. Applied Catalysis A: General. 2010;389(1-2):1-8.
- Khodadadi A, Ganjidoust H, Ijad panah H. Treatment and kinetic of synthetic wastewater containing B-naphthol by Nano titanium oxide coated on activated carbon. Iranian Journal of Health and Environment. 2012;4(4):401-10 (in Persian).
- Yang H, Deng Y, Du C. Synthesis and optical properties of mesoporous MCM-41 containing doped TiO2 nanoparticles. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2009;339(1-3):111-17.
- 13. Subrahmanyam M, Boule P, Durga Kumari V, Naveen Kumar D, Sancelme M, Rachel A. Pumice stone supported titanium dioxide for removal of pathogen in drinking water and recalcitrant in wastewater. Solar Energy. 2008;82(12):1099-106.
- 14. Vargová M, Plesch G, Vogt U F, Zahoran M, Gorbár M, Jesenák K. TiO2 thick films supported on reticulated macroporous Al2O3 foams and their photoactivity in phenol mineralization. Applied Surface Science. 2011;257(10):4678-84.
- Yao S, Li J, Shi Z. Immobilization of TiO2 nanoparticles on activated carbon fiber and its photodegradation performance for organic pollutants. Particuology. 2010;8(3):272-78.
- Hosseini SN, Borghei SM, Vossoughi M, Taghavinia N. Immobilization of TiO2 on perlite granules for photocatalytic degradation of phenol. Applied Catalysis B: Environmental. 2007;74(1–2):53-62.
- 17. Vahdat A, Bahrami SH, Arami M, Motahari A. Decomposition and decoloration of a direct dye by electron beam radiation. Radiation Physics and Chemistry. 2010;79(1):33-35.
- 18. Damodar RA, Jagannathan K, Swaminathan T. Decolourization of reactive dyes by thin film immobilized surface photoreactor using solar irradiation.

فصلنامه علمى يژوهشى انجمن علمى بهداشت محيط ايران

Solar Energy. 2007;81(1):1-7.

- 19. Damodar RA, Swaminathan T. Performance evaluation of a continuous flow immobilized rotating tube photocatalytic reactor (IRTPR) immobilized with TiO2 catalyst for azo dye degradation. Chemical Engineering Journal. 2008;144(1):59-66.
- Parra S, Elena Stanca S, Guasaquillo I, Ravindranathan Thampi K. Photocatalytic degradation of atrazine using suspended and supported TiO2. Applied Catalysis B: Environmental. 2004;51(2):107-16.
- 21. So CM, Cheng MY, Yu JC, Wong PK. Degradation of azo dye Procion Red MX-5B by photocatalytic oxidation. Chemosphere. 2002;46(6):905-12.
- 22. Konstantinou IK, Albanis TA. TiO2-assisted photocatalytic degradation of azo dyes in aqueous solution: kinetic and mechanistic investigations: A review. Applied Catalysis B: Environmental. 2004;49(1):1-14.
- Kaur S, Singh V. TiO2 mediated photocatalytic degradation studies of Reactive Red 198 by UV irradiation. Journal of Hazardous Materials. 2007;141(1):230-36.
- 24. Li XZ, Li FB, Yang CL, Ge WK. Photocatalytic activity of WOx-TiO2 under visible light irradiation. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. 2001;141(2–3):209-17.
- Malato S, Fernández-Ibáñez P, Maldonado MI, Blanco J, Gernjak W. Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: Recent overview and trends. Catalysis Today. 2009;147(1):1-59.

دوره ششم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۲ فصلنامه علمى پژوهشى انجمن علمى بهداشت محيط ايران

Comparative Study on the Photodegradation of Acid Black 26 from Synthetic Wastewater using Slurry and Immobilized TiO₂ on the Sackcloth Fiber

Alijani Somayeh¹, Vaez Mohammad¹, *Zaringhalam Moghadam Abdolsamad¹

Department of Chemical Engineering, Faculty of Chemical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran Department of Chemical Engineering, Faculty of Chemical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: 6 December 2012 ; Accepted: 3 Mars 2013

ABSTRACT

Background and Objectives: The development a low-cost and high efficiency water treatment technology to decolorize the organic dye effluents is desirable due to overwhelming discharge of organic synthetic dyes into the natural water cycle during the dying process. In this study, the decolorization of Acid Black 26, as the model organic contaminant, was investigated using immobilized nano-sized TiO₂ particles as the photocatalyst.

Material and Methods: Sackcloth fiber was used as a support to immobilize TiO_2 nanoparticles. The structural properties of the immobilized photocatalysts were characterized by XRD and SEM. UV-Vis absorption spectroscopy and the measurement of the chemical oxygen demand (COD) were also used for the process performance studies. Moreover, we investigated the effects of the oxidant H_2O_2 , initial dye concentration, the presence of anion and pH on the photocatalytic degradation efficiency.

Results: The XRD results did not show significant changes in the structure of TiO_2 as a consequence of the immobilization procedure. The formation of titania crystallites in the sackcloth fiber was confirmed by SEM. Experimental results showed that after 60 min, the degradation percentage of Acid Black 26 with the immobilized TiO₂ particles was about 60%, which was higher than that with TiO₂ slurry. Based on the COD results, after 3 h, the TiO₂-coated sackcloth fiber effectively decomposed 94% of the organic compounds presenting in dye solution during the degradation of Acid Black 26.

Conclusion: The titania nanoparticles immobilized on the sackcloth fiber can be used as an effective and environmental friendly photocatalyst in the degradation of colored wastewater.

Keywords: Synthetic Wastewater, Titania nanoparticles; Immobilized photocatalyst; Sackcloth fiber, Acid Balck 26

*Corresponding Author: zarrin@modares.ac.ir Tel: +98 21 82883337, Fax: +98 21 82884931