



ساخت فتوکاتالیست نانوکامپوزیتی بهبود یافته TiO_2/CNTs به روش سل-ژل

فاطمه کردحقی^{۱*}، دکتر سید خطیب الاسلام صدرنژاد^۲.

۱- تهران، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی و علم و مواد

۲- تهران، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی و علم و مواد

چکیده

دی اکسید تیتانیم به علت فعالیت نوری بالا، سمیت کم، پایداری زیاد و قیمت مناسب، تنها ماده مناسب برای تولید فتوکاتالیست هاست. اما نرخ بازترکیب بالای الکترون-حفره در این ماده، فعالیت فتوکاتالیستی آن را کاهش می دهد که در این پژوهش، نانوکامپوزیت TiO_2/CNTs به منظور کاهش نرخ بازترکیب بار و بهبود تخریب نوری ساخته شد. نانوذرات TiO_2 بر روی سطح نانولوله های کربنی به روش سل ژل سنتز شدند که این موجب افزایش سطح موثر TiO_2 شده و بدین ترتیب، راندمان فرایند فتوکاتالیستی افزایش می یابد. ریزساختار و خواص نانوکامپوزیت حاصله به روش های پراش اشعه X، FESEM و EDX بررسی شده است.

واژه های کلیدی: دی اکسید تیتانیم، فتوکاتالیست، نانولوله کربنی، نانوکامپوزیت، سل-ژل.

شاخه تخصصی: نانو مواد.

امروزه با توسعه تمدن جدید کاربرد فتوکاتالیست‌ها به ویژه استفاده از فتوکاتالیست‌هایی با سیستم ذره‌ای نیمه رسانا، بهترین روش در میان روش‌های شیمیایی تجزیه ترکیبات سمی به محصولات بی‌خطر یا کم‌خطر است. فتوکاتالیست‌ها گونه‌ای از کاتالیست‌ها هستند که با تابش نور شروع به فعالیت کرده و آلودگی‌های موجود در هوا، آب و یا سطوح جامد را به موادی مثل آب و کربن دی‌اکسید تبدیل می‌کنند.

از میان انواع فتوکاتالیست‌هایی که بر روی آنها مطالعه شده، دی‌اکسیدتیتانیم به دلیل پایداری فیزیکی و شیمیایی بالا، سمیت کم، خواص ویژه الکترونی و نوری، دسترسی آسان و ارزان‌تر بودن، رایج‌تر از سایر مواد مشابه است [۱]. دی‌اکسید تیتانیم به صورت گسترده برای حل مشکلات زیست محیطی، به ویژه زدودن آلودگی‌ها از پساب‌های آلوده کاربرد دارد. مشکل عمده در فرایند فتوکاتالیستی تیتانیا، بازترکیب سریع الکترون و حفره تولید شده است. در سال‌های اخیر، پژوهش‌هایی بر پایه نانوکامپوزیت کردن تیتانیا با نانولوله‌های کربنی (CNTs) انجام شده است که نتیجه آن‌ها، تولید نانوفتوکاتالیست جدیدی با فعالیت تخریب نوری بالا بوده است. علت این امر، به دام انداخته شدن الکترون‌ها توسط نانولوله‌های کربنی [۲] و افزایش قابل توجه سطح موثر فتوکاتالیست به علت حضور نانولوله‌ها است. پژوهش‌های انجام شده [۳ و ۴] نشان داده که نانوکامپوزیت کردن دو ماده مذکور، موجب افزایش چشمگیر در تخریب نوری آلاینده‌ها می‌شود. در برخی از پژوهش‌های انجام شده، نانوفتوکاتالیست TiO_2/CNTs توسط عناصری مانند Fe و Ce دوپ شده که نتایج تست‌های تخریب نوری نشان دهنده بهبود بیشتر خاصیت فتوکاتالیستی بوده است [۵ و ۶].

هدف از این پژوهش، سنتز نانو کامپوزیت TiO_2/CNTs با بیشترین سطح موثر ممکن، برای استفاده در فتوکاتالیست‌ها بوده است. برای حصول بیشترین سطح موثر نانوذرات تیتانیا، باید نانوذرات کاملاً سطح نانولوله‌های کربنی را بپوشانند. این هدف، با عامل‌دار کردن نانولوله‌های کربنی و سنتز نانوذرات تیتانیا از پیش ماده الکوکسیدی به روش سل-ژل بر روی نانولوله‌ها حاصل شد.

مواد و روش‌ها

تترا‌ایزو پروپوکسید تیتانیم (TTIP) از شرکت مرک آلمان به عنوان پیش ماده الکوکسیدی TiO_2 ، نانولوله‌های کربنی چند دیواره با قطر بیرونی ۵۰ نانومتر شرکت نوترینو، اتانول، نیتریک اسید مرک، هیدروکلریک اسید مرک، سولفوریک اسید مرک و آب دیونیزه، به عنوان مواد اولیه استفاده شدند.

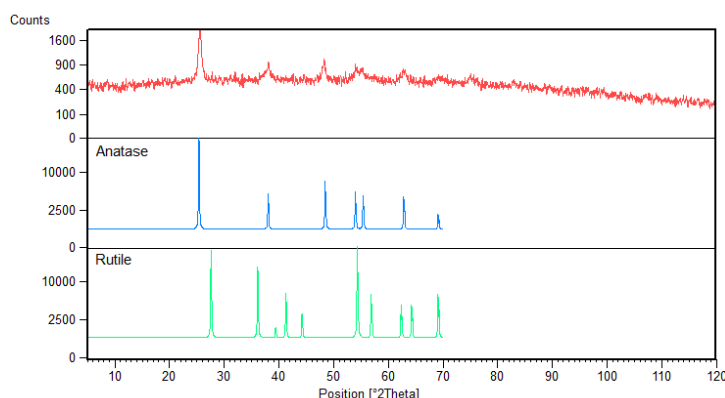
ابتدا نانولوله‌های کربنی با مخلوط اسید سولفوریک و اسید نیتریک در دمای بالا به مدت ۵ ساعت ریفلکس شدند تا گروه‌های عاملی اکسیژن دار بر روی آنها تشکیل شود. سپس، محلولی حاوی ۱ میلی لیتر TTIP و ۳ میلی لیتر اتانول تهیه می‌کنیم و به مدت ۱ ساعت بر روی همزن مغناطیسی قرار می‌دهیم. محلول دیگری با نانولوله‌های کربنی عامل‌دار شده، ۴ میلی لیتر اتانول، ۰/۲ میلی لیتر آب دیونیزه و ۰/۲ میلی لیتر HCl تهیه کرده و قطره قطره و آرام آرام به محلول اول در حال همزدن اضافه می‌کنیم؛ همزدن به مدت ۲ ساعت ادامه می‌یابد. سل حاصله در آون با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد خشک شده و سپس پودر حاصله در کوره با دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۹۰ دقیقه کلسینه شد.

تست XRD به منظور تشخیص ترکیب و فاز حاصله از سنتز، FESEM برای بررسی مورفولوژی و سایز، و آنالیز EDX برای تعیین درصد عناصر موجود در نانوکامپوزیت انجام شد.

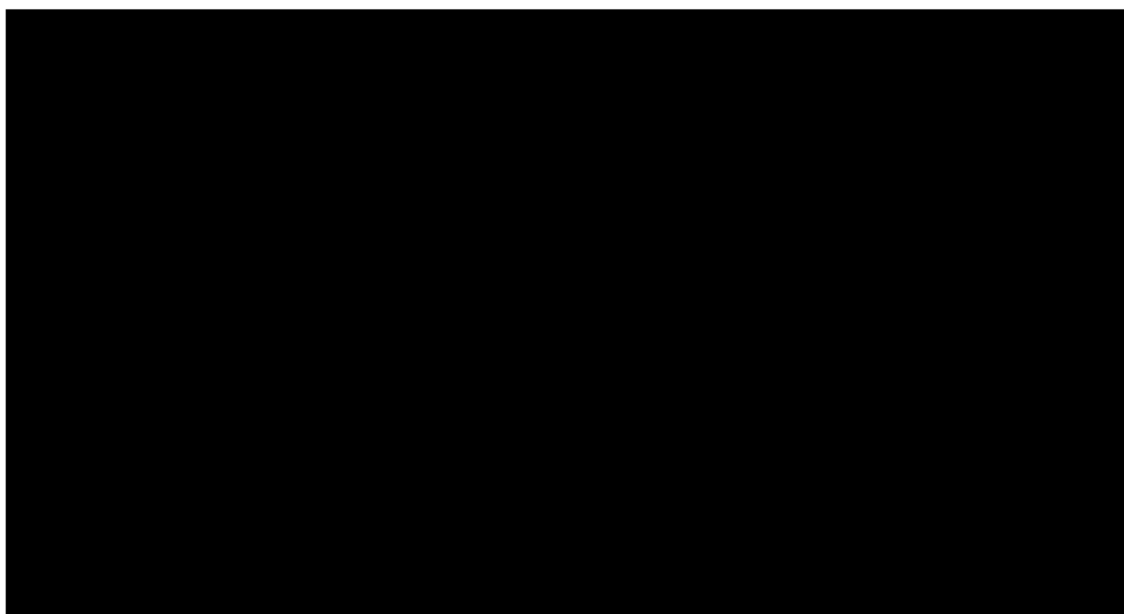
نتیجه‌ها و بحث

طیف حاصله از XRD که در شکل ۱ آورده شده است، نشانگر تولید فاز آاناتاز تیتانیا است. با توجه به مدل دستگاه آنالیز اشعه ایکس، پیک کربن توسط این دستگاه قابل اندازه گیری نبوده و حالت آمورفی که در پیک نمایان است، احتمالاً به دلیل حضور کربن در ماده است. اندازه کریستالیت نانوذرات تیتانیا توسط فرمول شرر ۱۳ نانومتر بدست آمد.

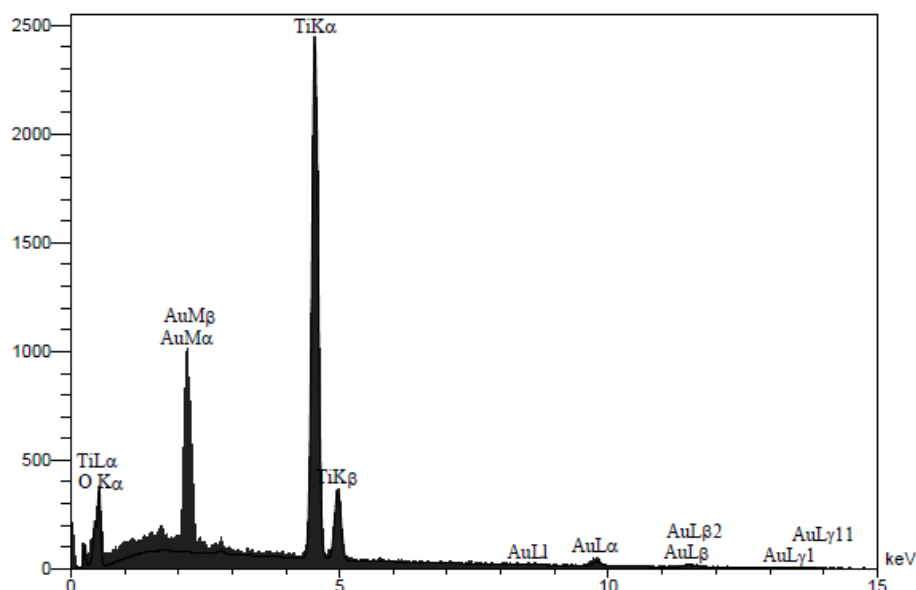
تصاویر حاصله از FESEM در شکل ۲ نشان می دهد که نانولوله های کربنی کاملاً با نانوذرات هم اندازه تیتانیا با قطر ۳۰ نانومتر، پوشش داده شده اند که این مسئله بیانگر موفقیت بسیار خوب در عاملدار کردن نانولوله ها و همینطور روش سنتز انتخاب شده برای نانوکامپوزیت است. همینطور، حضور نانولوله ها از آگلومره شدن نانوذرات تیتانیا به خوبی جلوگیری کرده است. به منظور اطمینان از حضور مقدار مناسب نانولوله های کربنی در نانوکامپوزیت، آنالیز EDX نیز بر روی نمونه انجام شد که در شکل ۳ آورده شده و بیانگر حضور ۴/۶ درصد کربن به صورت نانولوله است.



شکل (۱): طیف XRD نمونه که نشانگر ایجاد فاز آاناتاز تیتانیا است.



شکل (۲): تصاویر FESEM نانوکامپوزیت TiO_2/CNTs ، (الف) بزرگنمایی پایین تر، (ب) بزرگنمایی بالاتر.



Quantitative Results

Elt	Line	Int	Error	K	Kr	W%	A%	ZAF	Formula	Ox%	Cat#
C	Ka	11.7	20.4938	0.0195	0.0135	3.28	10.15	0.4127		0.00	0.00
O	Ka	65.0	20.4938	0.0540	0.0376	20.52	47.66	0.1830		0.00	0.00
Ti	Ka	864.6	1.2313	0.6423	0.4470	47.39	36.76	0.9433		0.00	0.00
Au	La	8.8	0.5392	0.2842	0.1978	28.81	5.44	0.6865		0.00	0.00
				1.0000	0.6959	100.00	100.00			0.00	0.00

شکل (۳): نتیجه آنالیز EDX نمونه نانو کامپوزیتی TiO_2/CNTs .

نتیجه گیری

نتایج آنالیزهای انجام شده بر روی نانو کامپوزیت سنتز شده به روش مذکور، بیانگر این نکته است که روش سنتز سل-ژل، روشی مناسب برای تولید نانوذرات یکنواخت و هم اندازه تیتانیا بوده، و نانولوله های کربنی نیز به جلوگیری از آگلومره شدن نانوذرات کمک قابل توجهی می کنند. همچنین، با پوشش دهی کامل نانوذرات تیتانیا بر روی نانولوله ها، سطح موثر نانوذرات تیتانیا بسیار افزایش می یابد. استفاده از این نانو کامپوزیت در کاربردهای فتوکاتالیستی و تخریب نوری تحت اشعه UV، موجب بازده بالایی خواهد شد.

مراجع

- [1] N. Shaari, S. H. Tan, and A.R. Mohamed, Synthesis and Characterization of CNT/Ce-TiO₂ Nanocomposite for Phenol Degradation, Journal of Rare Earths, Vol. 30, No. 7, 2012.
- [2] W. Z. Lian, K. Z. Li, X. L. Hong, F. W. Hui, P. L. Jian, One-pot growth of free-standing CNTs/TiO₂ nanofiber membrane for enhanced photocatalysis, Journal of Materials Letters 95 (2013) 13–16.
- [3] T.V. Thu Ha, T.N. Thu Trang, T.N. Phuong Hoa, H.D. Manh, T.A. Hang, B.N. Thanh et al., Fabrication of Photocatalytic Composite of Multi-walled Carbon Nanotubes/TiO₂ and Its Application for Desulfurization of Diesel, Materials Research Bulletin, 47, 2012.

- [4] T.A. Saleh, V.K. Gupta, Photo-catalyzed Degradation of Hazardous Dye Methyl Orange by Use of a Composite Catalyst Consisting of Multi-walled Carbon Nanotubes and Titanium Dioxide, *Journal of Colloid Interface Sci.*, 371, 2012.
- [5] K. Zhang, Z. Meng, and W. Oh, Degradation of Rhodamine B by Fe-Carbon Nanotubes/TiO₂ Composites under UV Light in Aerated Solution, *Journal of Catalysis*, Vol. 31, 2010.
- [6] M. A. Aroon, A.F. Ismail, M.M. Montazer-Rahmati, T. Matsuura, Effect of chitosan as a functionalization agent on the performance and separation properties of polyimide/multi-walled carbon nanotubes mixed matrix flat sheet membranes, *Journal of Membrane Science* 364 (2010) 309–317.