

افزایش ویژگی مغناطیسی نانوکامپوزیت $\text{PEO/Fe}_3\text{O}_4$ سنتز شده به روش هم‌رسوبی در حضور

میدان مغناطیسی خارجی

سید اشکان مقدم ضیابری^۱؛ محسن بابامرادی^۱؛ علی ملکی^{۲*}؛ زلیخا حاجی‌زاده^۲

^۱دانشکده فیزیک، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

^۲آزمایشگاه تحقیقاتی کاتالیست‌ها و سنتز آلی، دانشکده شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

چکیده

نانوکامپوزیت‌های پلی اتیلن اکسید مغناطیسی ($\text{PEO/Fe}_3\text{O}_4$) به روش هم‌رسوبی در حضور یک میدان مغناطیسی خارجی ۰/۴ تسلا سنتز و اثر میدان مغناطیسی خارجی در سنتز نمونه مورد بررسی قرار گرفت. نانوکامپوزیت‌های سنتز شده در حضور میدان به کمک آنالیزهای XRD، SEM و شناسایی شد. نتایج آنالیز VSM نشان داد که مغناطش اشباع در حضور میدان مغناطیسی به ۷۰ emu/g افزایش یافته و این مقدار نزدیک به خاصیت مغناطیسی نانوذرات اکسید آهن است و ساخت نانوکامپوزیت با خاصیت مغناطیسی بالا را تایید می‌کند. همچنین، به دلیل خاصیت مغناطیسی زیاد نانوکامپوزیت، نانو ذرات در تصاویر SEM به صورت توده‌ای هستند. در نانوکامپوزیت سنتز شده خاصیت بلورینگی نانوذرات اکسید آهن به طور کامل حفظ شده است. از ویژگی‌های شاخص این گزارش استفاده از موادی ارزان و قابل دسترس، روش سنتز آسان و تهیه نانوکامپوزیت با خاصیت مغناطیسی قابل توجه است.

واژه‌های کلیدی: نانوکامپوزیت، نانوذرات مغناطیسی، پلی اتیلن اکسید، میدان مغناطیسی خارجی

ایمیل نویسنده مسئول: s_moghadam@physics.iust.ac.ir

۱-مقدمه

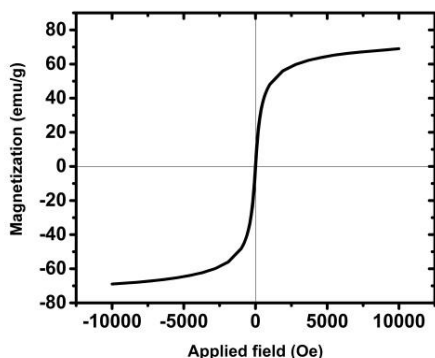
نانومواد به علت ویژگی‌های منحصر به فرد الکتریکی، حرارتی، شیمیایی و فیزیکی خود موضوع تحقیقات علمی بوده‌اند. به تازگی، نانوذرات به خاطر داشتن سطح وسیع، قیمت ارزان و در دسترس بودن، به عنوان جایگزین‌های مناسب به عنوان بستر ظاهر شده‌اند. همچنین، نانوذرات مغناطیسی به دلیل کاربرد بالقوه آنها در حوزه کاتالیست نیز مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته‌اند. آنها به علت ویژگی مغناطیسی و اندازه نانو، مزایای هر دو کاتالیست همگن و ناهمگن مانند پراکندگی بالا، واکنش پذیری بالا و جداسازی آسان را دارند و به راحتی با استفاده از یک میدان مغناطیسی خارجی قابل جمع آوری هستند. این ویژگی موجب کاهش هدررفت کاتالیست و افزایش قابلیت استفاده مجدد آن می‌شود [۱]. مواد مغناطیسی، برپایه فلزاتی مانند آهن، منگنز و نیکل و یا اکسیدهای فلزات، به روش گوناگونی برای پیشرفت فناوری‌های نوین به کار گرفته شده‌اند. این ذرات در شاخه‌های متفاوت قابل کاربرد هستند. کاربرد این مواد مغناطیسی را در بسیاری از وسیله‌ها مانند موتورها، ژنراتورها، حسگرها، نوار ویدئوها و هارد دیسک‌ها می‌توان مشاهده کرد. نانوذرات دارای واکنش پذیری بالایی هستند و به شدت تمایل به توده‌ای یا کلوخه‌ای شدن دارند. بنابراین، برای

برطرف کردن این مشکلات از بسترهای گوناگون آلی و معدنی استفاده شده است [۲ و ۳]. نانوکامپوزیت‌ها گونه‌ای به نسبت جدیدی از مواد با ابعاد فازی بسیار ریز هستند که به طور معمول در حد چند نانومتر هستند. هیبریدهای طبیعی و معدنی نسل جدیدی از مواد نانو ساختاری که کاربردهای متفاوتی از قبیل کاربرد کاتالیستی، کاربرد در دستگاه‌های الکترونیکی و نوری و کاربرد در حسگرها دارند را، به نمایش می‌گذارند [۴]. دسته‌ای از این نانوساختارها، نانوکامپوزیت‌های مغناطیسی هستند که در زمینه‌های وسیعی کاربرد دارند که ذخیره‌سازی اطلاعات نمونه ای از آن است [۵ و ۶]. از طرفی، سنتز مواد سوپرپارامغناطیس زیست سازگار، در صنعت زیست پزشکی بسیار مورد توجه قرار گرفته است که از کاربردهای آن می‌توان به دارورسانی، گرمادرمانی^۲ ضد سرطان، بی‌حرکت سازی آنزیم اشاره کرد. پیشرفت‌های زیاد در زمینه ی علم بسپار نشان می‌دهد که امکان ساخت گستره ی زیادی از مواد با کنترل پذیری در ویژگی مکانیکی، حرارتی و الکتریکی وجود دارد اما ساخت مواد طبیعی بسپاری با ممان مغناطیسی‌ها و پذیرفتاری‌های بالا در قیاس با مواد غیرطبیعی هنوز به عنوان چالشی باقی مانده است. برای غلبه

² Hyperthermia

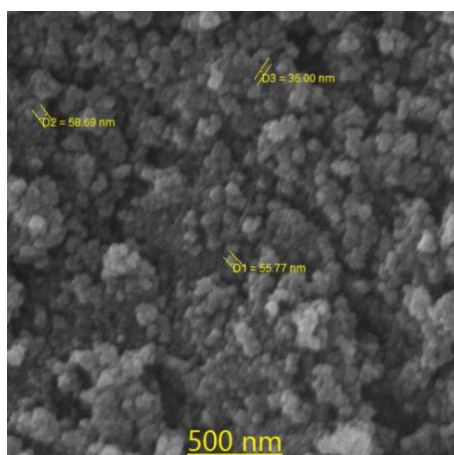
¹ Nanocomposite

اشباع مغناطیسی کامپوزیت سنتز شده $\text{PEO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ در غیاب میدان مغناطیسی 40 emu g^{-1} است و این تایید کننده سنتز نانوکامپوزیت با ویژگی مغناطیسی بسیار قابل توجه در حضور میدان مغناطیسی خارجی است [۸].



شکل ۱. آنالیز VSM نانوکامپوزیت $\text{PEO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$

تصاویر میکروسکوپ الکترونی SEM از نانوکامپوزیت برای مشاهده توزیع اندازه ذرات، مورفولوژی سطح و حالت تجمع ذرات مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲). نتایج به دست آمده در دو مقیاس ۵۰۰ نانومتر بزرگ نمایی شده است. تصاویر بیانگر کروی بودن و همگن بودن اندازه ذرات در کامپوزیت سنتزی است. اندازه برخی ذرات به طور تصادفی اندازه گیری شد و حدود ۵۰ نانومتر است. همچنین، به دلیل ویژگی مغناطیسی قابل توجه نانوذرات امکان تصویربرداری در بزرگنمایی در مقیاس پایین تر وجود ندارد [۹ و ۱۰].



شکل ۲. تصویر SEM نانوکامپوزیت $\text{PEO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$

آنالیز پراش پرتو ایکس برای بررسی ماهیت بلوری و اندازه ذرات استفاده شد. الگوی XRD گرفته شده از نانوکامپوزیت $\text{PEO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ در شکل ۳ نشان داده شده است. قله های اصلی در زاویه های 2θ ۳۰/۸، ۳۶/۵، ۵۷/۴ و ۳۶/۱ به ترتیب به صفحات

بر این مشکلات در ساخت نانوکامپوزیت های مغناطیسی، روش های سنتزی متفاوتی به منظور ترکیب بسپارهای طبیعی و ذرات مغناطیسی غیرطبیعی با ترکیب و عملکرد طبیعی مولکولی پیشنهاد شده است [۷]. در پژوهش پیش رو، برای نخستین بار نانوکامپوزیت مغناطیسی بر پایه پلی اتیلن اکسید^۳ طراحی، سنتز و شناسایی شده است. پلی اتیلن اکسید مغناطیسی سنتز شده دارای ویژگی مغناطیسی چشمگیری است.

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد شیمیایی و دستگاه ها

تمامی حلال ها، مواد شیمیایی از مرک^۴، فلوکا^۵ یا آلدریچ^۶ خریداری شد. الگوی XRD با دستگاه Bruker D8 Advance ثبت شده است. تصاویر SEM با استفاده از دستگاه Vega2 Tescan تهیه شد. ویژگی مغناطیسی نانوکاتالیستی بر VSM-AGFM در دمای اتاق اندازه گیری شد.

۲-۲- روش تهیه $\text{PEO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$

برای تهیه نانوکامپوزیت $\text{PEO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ نخست ۵/۰ گرم پلی اتیلن اکسید را در ۱۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد. سپس در ظرفی دیگر، نمک های آهن کلراید شش آبه (۱/۱۶۵ گرم) و نمک های آهن کلراید چهار آبه (۰/۴۸۱ گرم) به ترتیب در ۲۰ میلی لیتر آب مقطر حل شدند و به تدریج به محلول آبی حاوی پلی اتیلن اکسید در حال چرخش افزوده شدند. واکنش به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق تحت چرخش ادامه پیدا کرد. به منظور سنتز نانوکامپوزیت در حضور میدان مغناطیسی خارجی، مخلوط واکنش در یک میدان مغناطیسی خارجی حدود ۰/۴ تسلا قرار گرفت. در در مرحله بعدی، آمونیاک ۲۵٪ به صورت قطره قطره به مخلوط واکنش در حال چرخش در حضور میدان خارجی افزوده و به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق هم زده شد. در پایان رسوب حاصل با استفاده از آهن ربا از مخلوط واکنش جدا شد، چندین بار با آب مقطر و اتانول شست و شو و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق خشک شد و فراورده نهایی به دست آمد.

۳- تجزیه و تحلیل نتایج

۳-۱- روش تهیه شناسایی نانوکامپوزیت $\text{PEO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$

ویژگی مغناطیسی شناسایی نانوکامپوزیت $\text{PEO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ با دستگاه مغناطیس سنج نمونه اشباع (VSM) در دمای اتاق اندازه گیری شد. همانطور که در شکل ۱ دیده می شود، ویژگی وادارندگی مغناطیسی (Hc) و پسماند مغناطیسی (Mr) به نسبت صفر است. بنابراین، رفتار سوپر پارامغناطیسی کاتالیست تایید می شود. مقدار اشباع مغناطیسی برای نانوکامپوزیت حدود 40 emu g^{-1} است. همانطور که در مقالات اخیر گزارش شده است، مقدار

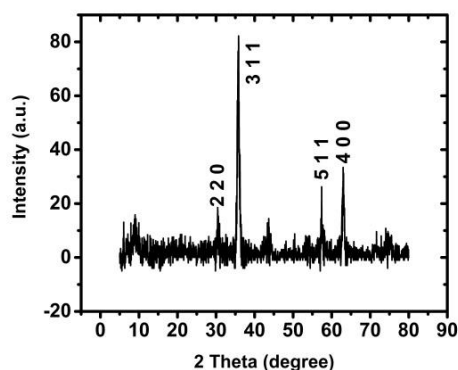
^۶ Aldrich

^۳ Polyethylene oxide

^۴ Merck

^۵ Fluka

(۲۲۰)، (۳۱۱)، (۵۱۱) و (۴۴۰) مربوط هستند که با نتایج استاندارد در تطابق است [۱۱ و ۱۲]. نتایج آنالیز XRD نشان می‌دهد که با سنتز نانوذرات در حضور میدان مغناطیسی بلورینگی نانوذرات Fe_3O_4 بدون تغییر باقی می‌ماند. با استفاده از رابطه شِیرر $D = 0.9\lambda / \beta \cos \theta$ ابعاد نانوبلورها محاسبه شد که λ طول موج پرتو X با مقدار 0.154056 nm ، β متوسط پهنای قله و θ زاویه ی براگ است [۱۳ و ۱۴]. اندازه دانه‌ها برای بزرگترین پیک برای نمونه سنتز شده در حضور میدان مغناطیسی حدود $17/17 \text{ nm}$ به دست آمد.



شکل ۳. طیف آنالیز XRD از نانوکامپوزیت $\text{PEO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$

۴. نتیجه‌گیری

به طور خلاصه روشی کارآمد، ساده برای سنتز نانوکامپوزیت $\text{PEO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ با خاصیت مغناطیسی قابل توجه در حضور میدان مغناطیسی خارجی 0.4 تسلا به روش هم‌رسوبی ارائه شد. از مزایای کلیدی این روش سنتز در شرایط ملایم، استفاده از بسپارهای زیست سازگار، خاصیت مغناطیسی چشمگیر کامپوزیت و استفاده از مواد در دسترس و ارزان قیمت است. نانوکامپوزیت سنتز شده در حضور میدان مغناطیسی خارجی خاصیت مغناطیسی حدود 70 دارد که این خاصیت مغناطیسی نزدیک به ویژگی مغناطیسی نانوذرات اکسید آهن است.

۵. منابع

- [1] R. Bavandpour, et al, Journal of Molecular Liquids, 213,369-373, (2016).
- [2] M. Najafi, et al, Journal of Science and Technology of Composites, 4, 255-262, (2017).
- [3] L.H. Reddy, et al, Chemical Reviews, 112, 5818-5878, (2012).
- [4] M. Elhami, et al, Journal of Science and Technology of Composites, 5, 325-330, (2018).
- [5] J. Pyun, Polymer Reviews, 47, 231-263, (2007).
- [6] M.M. Bull, et al, Journal of Materials Chemistry, 20, 6023-6025, (2010).
- [7] A.K. ajpai, et al, Polymer Composites, 31, 245-255, (2010).