نانومقیاس
Nanomeghyas
www.nanomeghyas.ir

اثر میدان مغناطیسی بر خواص نانو ذرات مغناطیسی Fe_3O_4 ساخته شده به روش هم‌رسوبی

نیلوفردهقانی[۱]، محسن بابامرادی[۱*]، علی ملکی[۲]

[۱] دانشکده فیزیک، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
[۲] آزمایشگاه تحقیقاتی کاتالیزورها و سنتز آلی، دانشکده شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

چکیده: در این مقاله نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن (Fe_3O_4) با استفاده از روش هم‌رسوبی در دمای اتاق در دو حالت با حضور میدان مغناطیسی و در غیاب میدان مغناطیسی ساخته شدند. خواص مغناطیسی نانوذرات توسط دستگاه مغناطیس سنجی نمونه ارتعاشی (VSM) برای بررسی ویژگی‌های ابرپارامغناطیسی نانوذرات و اثر اعمال میدان بر خواص مغناطیسی نانوذرات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این آنالیز نشان داد که اعمال میدان مغناطیسی در هنگام ساخت نانوذرات، باعث کاهش مغناطش اشباع می‌شود. نتایج الگوی پراش اشعه ایکس (XRD) کاهش بلورینگی نانوذرات را با اعمال میدان مغناطیسی در حین ساخت نشان می‌دهند. طیف سنجی فوریه فروسرخ (FT-IR) تشکیل پیوندهای اکسیدآهن را در نمونه‌های ساخته شده تائید می‌کند. کاهش مغناطش اشباع و بلورینگی را می‌توان به اثر میدان مغناطیسی در جهت دهی دوقطبی‌های مغناطیسی نانوذرات در هنگام ساخت، نسبت داد.

واژگان کلیدی: نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن، روش هم‌رسوبی، میدان مغناطیسی.

babamoradi@iust.ac.ir

۱- مقدمه

از بین مواد نانوساختار، نانوذرات اکسید فلزی به دلیل خواص اپتیکی، مغناطیسی و الکتریکیِ ویژه‌ای که دارند از جایگاه مهمی برخوردار هستند [۳-۱]. یکی از کاربردهای مهم نانوذرات اکسید فلزی، خاصیت مغناطیسی آنان می‌باشد که در گستره وسیعی از زیست فن‌آوری گرفته تا صنایع مختلف مورد توجه قرار گرفته است. نانوذرات مغناطیسی یک نوع اکسید فلزی هستند که می توانند با بهره‌گیری از یک میدان مغناطیسی خارجی و یا به تنهایی مورد استفاده قرار گرفته و از خواص آنها استفاده کرد [۴]. به دلیل استفاده فراوان از نانو ذرات مغناطیسی در زیست پزشکی، الکترونیک، کاتالیزورها و سایر بخشها، مطالعات گسترده‌ای در مورد عوامل مختلف موثر بر خواص مغناطیسی آنها انجام شده است [۵]. خواص مغناطیسی نانو ذرات به ساختار فیزیکی (اندازه و شکل ذرات)، ساختار ریز و فاز شیمیایی ذرات بستگی دارد [۶]. نانو ذرات مغناطیسی با طیف گسترده‌ای از مواد مغناطیسی ساخته می شوند. بخاطر ارزان بودن، سازگاری زیستی خوب، گشتاور دوقطبی مغناطیسی مناسب و پایداری بالایی که اکسید آهن و ترکیبات مربوط به آن در مقایسه با سایر پایه‌های فلزی نانوذرات از خود نشان می‌دهند؛ بطور وسیع از آنها استفاده می‌شود. همچنین این ماده، مغناطیسی‌ترین ماده معدنی طبیعی بر روی زمین است [۷ و ۸]. یکی دیگر از کاربردی‌ترین ویژگی‌های اکسید آهن در مقیاس نانو، رفتار ابر پارامغناطیسی آن است؛ این خاصیت، کاربردهای متنوعی را برای آن بوجود آورده است که به مواردی مانند

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۱

تصویربرداری تشدید مغناطیسی، انتقال هدفمند دارو، درمان غده-های سرطانی، حسگرهای زیستی، کاربردهای نوری، ذخیره سازی داده‌ها و کاربردهای شیمیایی می‌توان اشاره کرد [۹ و ۱۰].

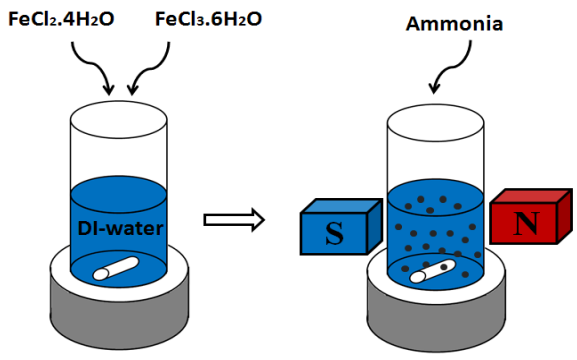
یکی از روش‌های ساخت نانوذرات اکسید آهن، روش هم‌رسوبی است [۱۱]. از مزیتهای این روش می‌توان سادگی ساخت، هزینه ساخت پایین، کنترل راحت اندازه و ساختار ذرات و قابلیت ساخت در ابعاد تجاری را نام برد [۱۲و ۱۳]. بلورینگی پایین و زمان زیاد ساخت از جمله نقاط ضعف این روش برای گسترش آن می‌باشد [۱۴]. تحقیقات بر روی بهبود خواص نانوذرات مغناطیسی ساخته شده به روش هم‌رسوبی با مطالعه بر روی عوامل موثر مختلف انجام شده است [۱۵و ۱۶]. به عنوان نمونه در یک تحقیق، افزایش دمای ساخت باعث افت خاصیت ابر پارامغناطیسی نانوذرات مغناطیسی اکسیدآهن ساخته شده به روش هم‌رسوبی شده است [۹]. در مطالعه‌ای دیگر، بررسی تاثیر نسبت غلظت مواد واکنش دهنده بر اندازه و خواص مغناطیسی ذرات نشان داد که کاهش نسبت غلظت سود به غلظت مجموع یون های آهن باعث افزایش چشمگیر مغناطش اشباع ذرات می‌شود [۱۷]. در یک تحقیق دیگر بهتر شدن خواص نانو ذرات با استفاده از اسید اولئیک مورد بررسی قرار گرفت [۱۸]. یکی از عوامل موثر بر خواص نانوذرات مغناطیسی، اثر میدان مغناطیسی در حین ساخت می‌باشد که اخیرا مورد توجه قرار گرفته است و تحقیقات در این زمینه در حال گسترش است [۱۹]. این عامل تا کنون در ساخت نانوذرات به روش هم‌رسوبی مورد توجه قرار نگرفته است.

در این پژوهش نانو ذرات مغناطیسی Fe_3O_4 به روش هم‌رسوبی برای اولین بار در حضور میدان مغناطیسی ساخته شد تا اثر میدان مغناطیسی در جهت گیری نانوذرات مغناطیسی مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور در حین ساختِ نانوذرات مغناطیسی به روش هم‌رسوبی، یک میدان مغناطیسی نسبتا قوی اعمال گردید. سایر روشهای ساخت نانوذرات مغناطیسی امکان اعمال میدان مغناطیسی در حین ساخت را به سادگی این روش ندارند.

۲- تهیه نانو ذرات مغناطیسی Fe_3O_4

مراحل ساخت نانو ذرات مغناطیسی اکسیدآهن به روش هم‌رسوبی در دمای اتاق با استفاده از دستور رایج ساخت نانوذرات مغناطیسی به این روش انجام شد [۲۰]. مواد $FeCl_3.6H_2O$، $FeCl_2.4H_2O$ و NH_4OH به صورت خالص مورد استفاده قرار گرفتند. ابتدا ۴/۷g از $FeCl_3.6H_2O$ (۰/۲ مولار) و ۲/۷g از $FeCl_2.4H_2O$ (۰/۱ مولار) بصورت جداگانه تهیه شدند؛ سپس این دو پودر درون بشر ریخته شد و در ۱۰۰cc آب مقطر مخلوط شده و در دمای اتاق قرار گرفت. سپس به مدت ۱ ساعت هم‌زده شد تا کاملا در آب حل شوند. بعد از گذشت ۱ ساعت محلول شفاف زرد رنگی بوجود آمد. در مرحله بعد محلول به دو مقدار مساوی درون دو بشر تقسیم شد. یکی از بشرها در شرایط معمولی و دمای اتاق و بشر دیگر تحت تاثیر یک میدان مغناطیسی خارجی مطابق شکل۱ قرار گرفت. شدت میدان مغناطیسی مورد استفاده حدود ۰/۴ تسلا بود و به گونه‌ای طراحی شد که تمام محلولِ داخل بشر در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار بگیرد.

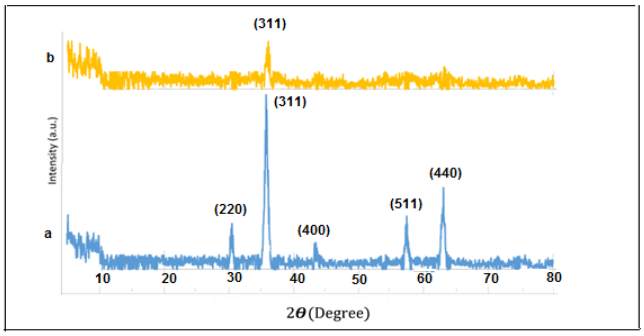
در این مرحله نیز عمل همزدن هر دو محلول ادامه یافت. در ادامه با استفاده از محلول ۲۵٪ بازی هیدروکسید آمونیوم pH محلول به مقدار ۱۱رسید. به این‌صورت که ۱۰cc آمونیاک را با ۱۰cc آب مقطر رقیق کرده و سپس به صورت قطره قطره به محلول به مدت ۱۰ دقیقه اضافه شد. بعد از گذشت ۱۰ دقیقه و اضافه کردن کل مقدار هیدروکسید آمونیوم، نانوذرات Fe_3O_4 تشکیل گردید. بعد از گذشت ۳۰ دقیقه عمل همزدن متوقف شده و رسوب ته‌نشین شده و از میدان مغناطیسی خارج گردید. برای رساندن pH محلول به مقدار ۷، محلول با استفاده از آب مقطر چندین مرتبه شست و شو داده و سپس رسوب حاصل به کمک یک آهنربای معمولی از محلول جدا شد. در انتها حرارت دهی به مدت ۱۲ ساعت در کوره در دمای ۷۰°C برای خشک شدن حلال و به دست آمدن پودر نانو ذرات مغناطیسی انجام شد [۲۱].



شکل ۱: طرحواره ساخت نانوذرات مغناطیسی اکسیدآهن در حضور میدان مغناطیسی.

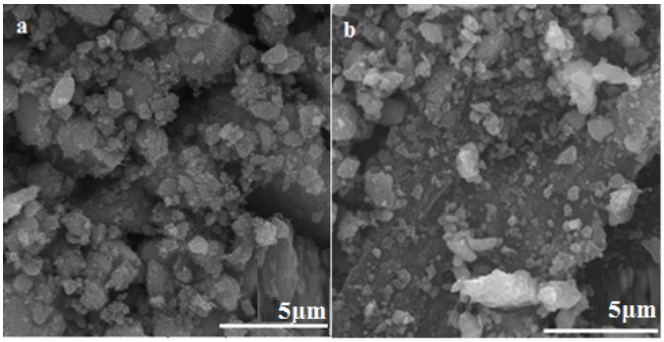
۳- نتایج و بحث

آنالیز XRD (X-ray Diffraction) برای شناسایی ساختار بلوری نمونه‌های ساخته شده به کار گرفته شد. برای این منظور دستگاه پراش اشعه ایکس مدل DRON-8 ساخت شرکت Bourevestnik مورد استفاده قرار گرفت. نتایج XRD برای نمونه‌های ساخته شده در شرایط عادی و در حضور میدان مغناطیسی در شکل ۲ آورده شده است. برای مقایسه، از الگوی پراش اشعه ایکس نمونه مرجع (JCPDS 19-0629) استفاده شد که نشان داد نمونه عادی با الگوی پراش اشعه ایکس ماده مغناطیسی اکسید آهن (Fe_3O_4) تطابق دارد. با توجه به مغناطش اشباع بالای نمونه و الگوی پراش اشعه ایکس، می‌توان گفت که فازهای غیر مغناطیسی درون نمونه بسیار ناچیز است. قله‌ها در ۳۰/۱، ۳۵/۵، ۴۳/۱، ۵۷/۰ و ۶۲/۲ درجه به ترتیب مربوط به صفحات (۲۲۰)، (۳۱۱)، (۴۰۰)، (۵۱۱) و (۴۴۰) می‌باشند. شکل ۲ نشان می‌دهد که اعمال میدان مغناطیسی باعث شده از شدت قله‌ها کاسته شود. همچنین میدان مغناطیسی باعث از بین رفتن بعضی از قله‌ها شده است. دلیل این امر می‌تواند این باشد که هنگام تشکیل بلورهای مغناطیسی در غیاب میدان مغناطیسی به راحتی اتمها در جهت‌های بلوری مشخص کنار هم قرار گرفته و ساختار بلوری استاندارد را تشکیل می‌دهند؛ اما هنگام برقراری میدان مغناطیسی در هنگام تشکیل نانوذرات، به خاطر هم‌جهت شدن با میدان مغناطیسی نمی‌توانند آزادانه در کنار هم قرار گرفته و صفحات بلوری را بسازند. هر چه شدت میدان مغناطیسی بیشتر باشد کسر بیشتری از نانوذرات مغناطیسی با میدان مغناطیسی هم-جهت شده و لذا به همان نسبت صفحات بلوری کمتری تشکیل می‌شود. اگر شدت میدان مغناطیسی بیشتری اعمال شود انتظار داریم شدت پیک صفحه (۳۱۱) در آنالیز پراش اشعه ایکس نیز مشاهده نشود. هرچند نظم بلوری کاهش پیدا می‌کند ولی خاصیت مغناطیسی همچنان به دلیل وجود نانوذرات مغناطیسی باقی می-ماند. اعمال میدان مغناطیسی هرچند باعث کاهش بلورینگی نانوذرات شده است ولی تغییرات قابل توجهی در ویژگی فاز اکسیدآهن ایجاد نمی‌کند [۲۲].



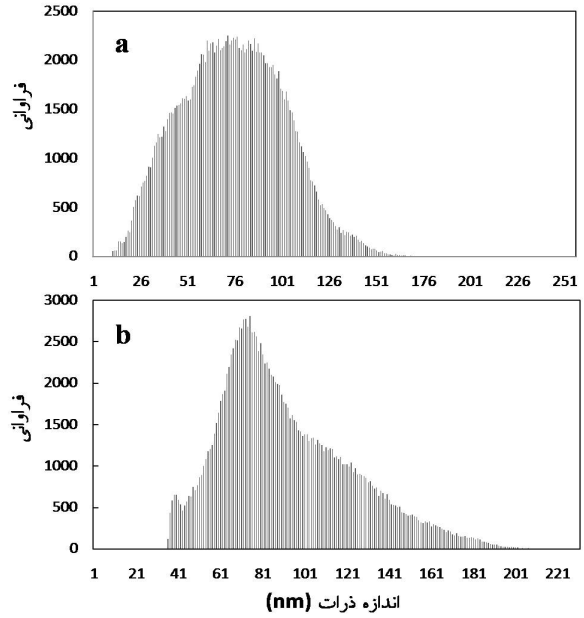
شکل ۲: الگوی پراش اشعه ایکس نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن در غیاب میدان مغناطیسی(a) و در حضور میدان مغناطیسی (b)

شکل ۳ تصاویر SEM (Scanning Electron Microscopy) را جهت بررسی ساختار نانوذرات نشان می‌دهد. دستگاه مورد استفاده، میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل Vega2 ساخت شرکت TESCAN بود. این تصاویر نشان می‌دهند که ساختار و توزیع اندازه ذرات تقریبا همگن بوده و هر کدام از کلوخه‌ها از تعداد زیادی نانوذرات Fe_3O_4 که به هم چسبیده‌اند، تشکیل شده است؛ اما شکل ذرات نامنظم می‌باشد. به دلیل هم‌جهت شدن مولکولها در حین ساخت در اثر اعمال میدان مغناطیسی؛ نزدیک شدن نانوذرات به یکدیگر و تشکیل کلوخه‌های بزرگ کمتر اتفاق می‌افتد و بنابراین انتظار کلوخه‌های کوچکتر را تا حدودی می‌توان داشت.



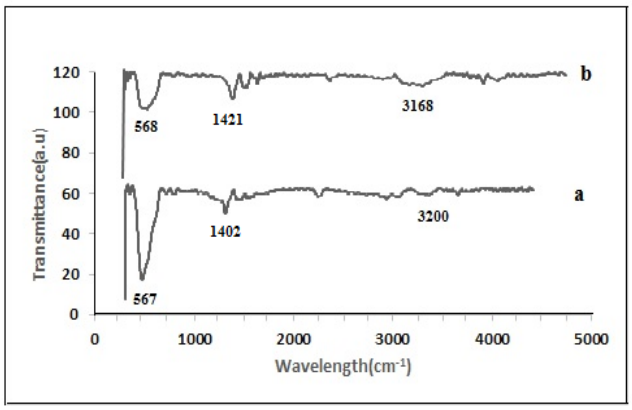
شکل ۳: تصاویر SEM نانوذرات اکسیدآهن ساخته شده درغیاب میدان مغناطیسی(a) و در حضور میدان مغناطیسی(b)

در شکل ۴ توزیع اندازه ذرات نشان داده شده است. شکل a برای حالت ساخته شده در غیاب میدان مغناطیسی و b برای نانوذرات ساخته شده در حضور میدان مغناطیسی می‌باشد.



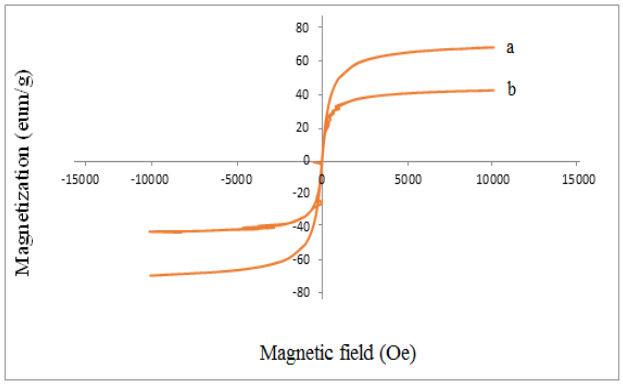
شکل ۴: نمودار توزیع اندازه ذرات مغناطیسی اکسید آهن ساخته شده در غیاب میدان مغناطیسی(a) در حضور میدان مغناطیسی(b)

دستگاه FTIR-8400S ساخت شرکت SHIMADZU برای طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز استفاده شد. شکل۵ (a) طیف IR مربوط به اکسیدآهن ساخته شده در شرایط عادی را نشان می دهد که در آن قله یا باند جذبی پیوند Fe-O در حدود ۵۶۷ cm^{-1} مشخص است. دومین قله در حدود عدد موج ۳۲۰۰cm^{-1} قرار دارد که ناشی از ارتعاش کششی قوی توسط پیوند هیدروژنی ایجاد شده با گروه های هیدروکسیل (OH) می‌باشد که از محیط توسط نمونه جذب شده است [۲۳]. همچنین یک قله جذبی متوسط در شکل ۵ نمودار a در ۱۴۰۲cm^{-1} و در نمودار b در۱۴۲۱cm^{-1} مشاهده می‌کنیم که از پیوند خمشی CH در مولکول به وجود آمده است.



شکل ۵: طیف FT-IR نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن ساخته شده در غیاب میدان مغناطیسی(a) در حضور میدان مغناطیسی(b)

خواص مغناطیسی نانوذرات مغناطیسی Fe_3O_4 بوسیله vibrating sample magnetometer (VSM) مورد بررسی قرار گرفت و در شکل ۶ نشان داده شده است. از دستگاه مغناطیس سنج ارتعاشی مدل MDK ساخت شرکت مغناطیس دانش پژوهش برای این منظور استفاده شد. این شکل منحنی پسماند مغناطیسی نمونه‌ها در دمای اتاق و در میدان‌های ۱۰۰۰۰- اورستد تا ۱۰۰۰۰ اورستد را نشان می‌دهد. در نمودار a که مربوط به ساخت نمونه در غیاب میدان مغناطیسی است یک منحنی پسماند مغناطیسی معمولی برای رفتار فرومغناطیسی مشاهده می‌شود. منحنی مغناطش ذرات از مبدا عبور می‌کند و میدان وادارندگی و مغناطش پسماند نیز مشاهده نمی‌شود، بنابراین می‌توان گفت که نانوذرات ساخته شده در دمای اتاق ابرپارامغناطیس هستند و در تطابق خوبی با کارهای انجام شده می‌باشد [۲۴]. نمودار b منحنی پسماند نانوذرات ساخته شده در حضور میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد که به وضوح کاهش مغناطش اشباع نانو ذرات را داریم. این نتیجه به دلیل اثر میدان مغناطیسی بر جهت‌گیری دوقطبی‌های مغناطیسی می‌باشد. هنگام تشکیل نانوذرت مغناطیسی، بخشی از نانوذرات با میدان مغناطیسی هم‌جهت می‌شوند. بعد از اتمام ساخت، وقتی نانو ذرات Fe_3O_4 در میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند، بخشی از حوزه‌های مغناطیسی داخلی آنها که قبلا مرتب شده و در جهت میدان مغناطیسی قرار گرفته‌اند دیگر تحت تاثیر میدان قرار نگرفته و لذا مغناطش اشباع که مربوط به بخش باقی‌مانده می‌باشد کاهش می‌یابد.



شکل ۶: منحنی پسماند مغناطیسی نانوذرت مغناطیسی اکسید آهن ساخته شده در غیاب میدان مغناطیسی(a) و در حضور میدان مغناطیسی(b)

۴- نتیجه گیری

نانو ذرات اکسیدآهن به روش هم‌رسوبی شیمیایی تهیه شدند. نتایج پراش پرتو ایکس نشان داد که در حضور میدان مغناطیسی شدت صفحات ساختار بلوری کاهش یافته و قله مربوط به بعضی از صفحات مشاهده نمی‌شود. از تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی می‌توان کلوخه‌های نانوذرات را مشاهده کرد. همچنین نتایج تحلیل دستگاه VSM نشان داد که ساخت نانوذرات در میدان مغناطیسی، موجب کاهش مقدار مغناطش اشباع می‌شود. این نتایج که برای اولین بار انجام شده است می‌تواند در هدایت پارامترهای مطلوب و مورد نیاز محققان برای نانوذرات مغناطیسی راهگشا باشد.

مراجع

[1] A.V.B. Reddy, Z. Yusop, J. Jaafar, Y.V.M. Reddy, A.B. Aris, Z.A. Majid, J. Talib, G. Madhavi, “Recent progress on Fe-based nanoparticles: Synthesis, properties, characterization and environmental applications,” Journal of Environmental Chemical Engineering, 3537–3553, 2016.

[2] Y. Wei, B. Han, X. Hu, Y. Lin, X. Wang, X. Deng, “Synthesis of Fe_3O_4 nanoparticles and their magnetic properties,” Chinese Materials Conference, 2, 632-637, 2012.

[3] D. Lisjaka, A. Mertelj, “Anisotropic magneticnano: A review of their properties, syntheses and potential application,” Progress in Materials Science, 95, 286-328,2018.

[4] Á. Ríos, M. Zougagh, “Recent advances in magnetic nanomaterials for improving analytical processes,” Trends in Analytical Chemistry, 72-83, 2016.

[5] A. Leonid, A. Sergei, I. Ilia, “Size effect on the hysteresis characteristics of a system of interacting core/shell nanoparticles,” Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 447, 88-95, 2018.

[6] X.Y. Qiu, X.S. Meng, H. Mao, Z.H. He, Y.Q. Lin, X.D. Liu, D.C. Li, J. Li, “Magnetic nanoparticles prepared by chemically induced transition: Structure and magnetization behaviors,” Materials Chemistry and Physics, 204, 328-335, 2018.

[7] G. Simonsen, M. Strand, G. Øye, “Potential applications of magnetic nanoparticles within separation in the petroleum industry,” Journal of Petroleum Science and Engineering, 488-495, 2018.

[8] F. Fajaroh, H. Setyawan, W. Widiyastuti, S. Winardi, “Synthesis of magnetite nanoparticles by Surfactant-free electrochemical method in an aqueous system,” Advanced Powder Technology. 23, 328-333, 2012.

[9] مژده محمد علیزاده هنجنی ، ابراهیم قاسمی ، احمد منشی ، "تاثیر دمای سنتز بر ویژگی های نانو ذرات مغناطیسی اکسید آهن در روش همرسوبی." فرآیندهای نوین در مهندسی مواد، ۸۹-۷۷، ۱۳۹۱.

[10] S. Ebrahimisadr, B. Aslibeiki, R. Asadi, “Magnetic hyperthermia properties of iron oxide nanoparticles: The effect of concentration,” Physica C: Superconductivity and its applications 119-121, 2018.

[11] G.Nabiyouni, M. Julaee, D. Ghanbari, P. CheginiAliabadi, N. Safaie, “Room temperature synthesis and magnetic property studies of Fe_3O_4 ,nanoparticles prepared by a simple precipitation method,” Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 21, 599-603, 2015.

[12] M. Mahmoudi, S. Sant, B. Wang, S. Laurent, T. Sen, “Superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs): development, surface modification and applications in chemotherapy,” Advanced Drug Delivery Review 63 24-46, 2011.

[13] S. Wu, A. Sun, F. Zhai, J. Wang, W. Xu, Q. Zhang, A.A. Volinsky, "Fe_3O_4 magnetic nanoparticles synthesis from tailings by ultrasonic chemical co-precipitation," Materials Letters 65, 1882-1884, 2011.

[14] K. Tao, H. Dou, K. Sun, "Inter facial coprecipitation to prepare magnetite nanoparticles: concentration and temperature dependence," Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering. Aspects 320, 115-122, 2008.

[15] K.K. Kefeni, T.A.M. Msagati, B.B. Mamba, "Ferrite nanoparticles: Synthesis, characterisation and applications in electronic device," Materials Science and Engineering B 215, 37-55, 2017.

[16] Hira Fatima, Dae-Won Lee, Hyun Joong Yun and Kyo-Seon Kim, "Shape-controlled synthesis of magnetic Fe_3O_4 nanoparticles with different iron precursors and capping agents," RSC Advanced 8, 22917-22923, 2018.

[17] حسین اثنا عشری ایوری، هادی عربی، "بررسی تاثیر نسبت غلظت مواد واکنش دهنده بر اندازه و خواص مغناطیسی ذرات." ، علم و مهندسی سرامیک، ۸۴-۷۷، ۱۳۹۲.

[18] T.Q. Bui, S. Nu-Cam Ton, A.T. Duong, H.T. Tran, "Size-dependent magnetic responsiveness of magnetite nanoparticles synthesised by co-precipitation and solvothermal methods," Journal of Science: Advanced Materials and Devices, 107-112, 2018.

[19] H. Yuan, I.J. Zvonkina, A.M. Al-Enizi, A.A. Elzatahry, J. Pyun,and A. Karim, "Facile Assembly of Aligned Magnetic Nanoparticle Chains in Polymer Nanocomposite Films by Magnetic Flow Coating," ACS Applied Material Interfaces, 9, 11290-11298, 2017.

[20] K.K. Kefeni, T.A.M. Msagati, B.B. Mamba, "Ferrite nanoparticles: Synthesis, characterization and applications in electronic device," Materials Science and Engineering, 215, 37-55, 2017.

[21] C. C Lin, J. M Ho," Ceramics Structural analysis and catalytic activity of Fe_3O_4 nanoparticles prepared by afacileco-precipitation method in a rotating packed bed," Ceramics International 40, 10275-10282, 2014.

[22] A.K. Singh, "Advanced x-ray techniques in research and industry," IOS Press, 2005.

[23] V.A. Hiremath, A. Venkataraman, "Dielectric, electrical and infrared studies of γ-Fe_2O_3 prepared by combustion method," Bulletin of Materials Science, 26, 391-396, 2003.

[24] D. Maity, D.C. Agrawal, "Synthesis of iron oxide nanoparticles under oxidizing environment and their stabilization in aqueous and non-aqueous media," Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 308, 46-55, 2007.

Nanomeghyas
www.nanomeghyas.ir
نانومقیاس

The effect of magnetic feild on the properties of Fe_3O_4 nanoparticles synthesized by co-precipitation method

N. Dehghani[1], M. Babamoradi[*1], A. Maleki[2]

[1] Department of Physics, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.
[2] Catalysts and Organic Synthesis Research Laboratory, Department of Chemistry, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

Abstract: In this paper, Fe_3O_4 magnetic nanoparticles were synthesized by a co-precipitation method at room temperature with and without magnetic field during the synthesizing process. Their magnetic properties were measured by vibrating sample magnetometer (VSM) instrument. VSM was used for studding the paramagnetic properties of the nanoparticles and the effect of the magnetic field on the magnetic properties of nanoparticles. The results showed that the sample synthesized in the presence of magnetic field has the saturation magnetization value as about 42 emu/gr. The saturation magnetization value for the synthesized sample in the absence of magnetic field is about 64 emu/gr. The X-ray diffraction (XRD) pattern revealed the low crystallinity for the synthesized nanoparticles in the presence of magnetic field in comparison with synthesized nanoparticles in the absence of magnetic field. The Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy confirmed the chemical bond formation of the magnetic nanoparticles. The scanning electron microscopy (SEM) images showed the morphology of the nanoparticles. The reduction of saturation magnetization value and the crystallinity of nanoparticles can be related to the magnetic dipole orientation by the magnetic field during the synthesizing.

Keywords: Fe_3O_4 magnetic nanoparticles, Co-precipitation method, Magnetic field.

*Correspondent Author Email: *babamoradi@iust.ac.ir*