

سنتز و مشخصه‌یابی نانوذرات مغناطیسی فریت کبالت-روی برای کاربرد در هایپرترمیای پزشکی

محبوبه حقانی^۱، حسین محمدی‌منش^{۲*}، نعیمه ترابی میرزایی^۳

۱- دانشجوی دکتری، شیمی، شیمی فیزیک، دانشکده شیمی و دانشگاه یزد، (mhaghani@stu.yazd.ac.ir)

۲ و * - نویسنده مسئول: دانشیار، شیمی، شیمی فیزیک، دانشکده شیمی و دانشگاه یزد، (mohammadimanesh@yazd.ac.ir)

۳ - استادیار، فیزیک، اتمی مولکولی، دانشکده فیزیک و دانشگاه یزد، (ntorabi@yazd.ac.ir)

واژگان کلیدی: درمان سرطان، هایپرترمیا، فریت مغناطیسی، فریت کبالت-روی.

۱- مقدمه

نانوذرات مغناطیسی گروهی از نانوذرات هستند که از عناصر مغناطیسی مانند آهن، نیکل، کبالت و آلیاژهای فلزی دیگر تشکیل شده‌اند. این نانومواد ویژگی‌هایی مانند زیست‌سازگاری، سمیت پایین، مغناطیس اشباع بالا، و خاصیت فرومغناطیس و سوپراپارامغناطیس دارند. یکی از کاربردهای مهم نانوذرات، استفاده از آن‌ها در درمان سرطان با روش هایپرترمیا است (Ge et al., 2023). در این روش، با اعمال میدان مغناطیسی متناوب به نانوذرات تزریق شده به بدن، دما در محدوده ۴۲ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. نانوذرات در این حالت انرژی جذب شده را به صورت گرما آزاد می‌کنند. زمانی که نانوذرات در معرض میدان مغناطیسی متناوب قرار می‌گیرند، انرژی جذب شده به صورت گرما آزاد می‌شود. در این پژوهش، با توجه به زیست‌سازگاری فریت کبالت-روی، این ماده به روش هیدروترمال سنتز شد. بررسی‌های ساختاری و مغناطیسی نشان دادند که فاز اسپینلی تک‌فاز بدون حضور فاز ثانویه هماتیت تشکیل شده است (Patade et al., 2020).

۲- مواد و روش انجام آزمایش

مواد مورد استفاده در این آزمایش شامل آهن (III) کلرید ۶ آبه ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)، کبالت (II) کلرید ۶ آبه ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)، روی کلرید (ZnCl_2)، و سدیم هیدروکسید (NaOH) بودند که همگی از شرکت مرک خریداری شدند. نانوذرات فریت کبالت-روی مطابق با روش گزارش شده در (Faraji et al., 2019) سنتز شدند.

۳- بحث و نتیجه‌گیری

طیف پراش پرتو ایکس نمونه سنتز شده در شکل ۱ نشان‌دهنده ساختار اسپینل مکعبی و تأیید فاز خالص فریت کبالت-روی است. معمولاً در سنتز فریت‌های مغناطیسی، فاز ناخواسته هماتیت (آهن اکسید) تشکیل می‌شود که باعث کاهش خواص مغناطیسی می‌گردد. اما در نمونه سنتز شده در این پژوهش، این فاز وجود ندارد. برای بررسی توزیع اندازه ذرات، از تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (شکل ۲) استفاده شد که نشان‌دهنده اندازه میانگین ذرات مناسب برای کاربردهای هایپرترمیا است. آنالیز EDX (شکل ۳) نیز تأیید کرد که عناصر مورد نظر در ساختار نانوذرات حضور دارند. خواص مغناطیسی نمونه با استفاده از مغناطیس‌سنج ارتعاشی بررسی شد. نمودار شکل ۴ رفتار پارامغناطیسی نمونه را تأیید کرده و مقادیر مغناطیس اشباع برابر با ۶۰ emu/g و وادارندگی اشباع (Hc) برابر با ۸۸/۲۰۸ Oe به دست آمد.

SEM MAG: 700 kx Def: 10.0mm WD: 5.31 mm BE: 7.00 200 nm View Ratio: 9.64 um Date/Time: 06/05/24 MIRAJ TESCAN

Intensity (a.u.) vs Position 2 Theta (deg)

شکل ۲: تصویر FESEM نانوذرات مغناطیسی فریت کبالت-روی

شکل ۱: الگوی XRD نانوذرات مغناطیسی فریت کبالت-روی

Force (mN) vs Field (mT)

Coercivity (mT): 69.228 mT Magnetization (mT): 64.561 mT Remanence (mT): 4.4824 mT

عنصر	مردم (at%)	مردم (wt%)
کربن	84/85	82/54
نیتروژن	37/25	58/48
اکسیژن	25/6	82/11
روی	94/2	38/8

شکل ۴: VSM نانوذرات مغناطیسی فریت کبالت-روی

شکل ۳: EDX نانوذرات مغناطیسی فریت کبالت-روی

در این مطالعه، نانوذرات فریت کبالت-روی با استفاده از روش هیدروترمال سنتز شدند. نتایج آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که اندازه ذرات در محدوده ۲۶ تا ۴۱ نانومتر بوده و ساختار آن‌ها کروی است. الگوی پراش پرتو X نیز صحت سنتز و تک‌فاز بودن ساختار را تأیید کرد. با توجه به مغناطیس اشباع بالای به دست آمده (60 emu/g)، می‌توان نتیجه گرفت که این نانوذرات کاندیدای امیدوارکننده‌ای برای استفاده در فرآیند هایپرترمیا هستند.

منابع و مراجع

- [1] Faraji, S., Dini, G., & Zahraei, M. (2019). Polyethylene glycol-coated manganese-ferrite nanoparticles as contrast agents for magnetic resonance imaging. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 475, 137-145.
- [2] Ge, X., Li, H., Zheng, H., Zheng, P., Zheng, L., & Zhang, Y. (2023). Electromagnetic performance of NiMgCuZn ferrite for hyperthermia application in cancer treatment. *ACS omega*, 8(19), 16647-16655.
- [3] Patade, S. R., Andhare, D. D., Somvanshi, S. B., Jadhav, S. A., Khedkar, M. V., & Jadhav, K. (2020). Self-heating evaluation of superparamagnetic MnFe₂O₄ nanoparticles for magnetic fluid hyperthermia application towards cancer treatment. *Ceramics International*, 46(16), 25576-25583.