

استفاده از نانوذرات اکسید آهن مگنتیت در جداسازی نفت از آب

الهه پورفخرایی | جلیل بدرآقی* | اقدس بنایی | فاطمه ممشلی | صبور اشکوریان

پژوهشکده علوم پایه کاربردی، جهاد دانشگاهی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

پیشرفته استفاده نمی‌کنند، به دریای خزر تحمیل می‌شود. از سوی دیگر خلیج فارس و نواحی اطراف آن نیز از این آلودگی‌ها در امان نمانده‌اند. طبق نظر دکتر اسماعیل کهرم، متخصص محیط زیست، خلیج فارس ۴۷ برابر آب‌های آزاد آلودگی دارد که ناشی از انواع فعالیت‌های نفتی و صنعتی است، ورود آب توازن یکی از سرمنشاهای اصلی آلودگی در خلیج فارس است. این مشکلات تنها به ایران ختم نشده و ما همواره اخباری ناگوار در این موارد از سراسر جهان به گوشمان می‌رسد، مانند انفجار به خاطر حفاری در منطقه ساحلی در ماه آوریل ۲۰۱۰ در خلیج مکزیک که منجر به شکل‌گیری بدترین لکه نفتی در تاریخ آمریکا شد. آلودگی آب‌های خلیج مکزیک باعث تلف شدن بیش از ۶۰۰۰ پرنده و ۶۰۰ لاک‌پشت گردید [۲]. بسیاری از آبزیان و موجودات زنده در معرض خطر این آلودگی‌ها می‌باشند و می‌توانند وارد زنجیره غذایی شوند (شکل ۱).



شکل ۱ | موجودات زنده در معرض آلودگی نفتی

آلودگی‌های نفتی از مشکلات اجتناب‌ناپذیری است که کشور ایران به عنوان کشوری نفت‌خیز با آن روبه‌رو است. بسیاری از این آلودگی‌ها در اکوسیستم‌های آبی رخ می‌دهد که سبب مرگ بسیاری از آبزیان، ورود آنها به زنجیره غذایی و مشکلات سلامتی جوامع بشری می‌شود. برای حل این مشکل تدابیری اندیشیده شده که در این میان استفاده از نانوذرات به عنوان روشی نوین مطرح است. در این مقاله نانوذرات اکسید آهن مگنتیت با هدف روشی کاربردی برای جدایش نفت از آب به کار گرفته شده است. این نانوذرات سازگاری زیستی داشته و با استفاده از خاصیت مغناطیسی قابل هدایت و بازیابی هستند. طبق نتایج آزمایش جدایش نفت از آب به خوبی صورت پذیرفت و نفت حاصل در آنالیز گاز کروماتوگرافی تغییر معناداری نشان نداد. با توجه به نتایج این پژوهش نفت جدا شده قابل بازیابی بوده و می‌توان آن را به چرخه اقتصادی کشور بازگرداند و از هدر رفت سرمایه‌ی ملی جلوگیری نمود.

واژگان کلیدی: آلودگی نفتی، اکوسیستم آبی، نانوذرات اکسید آهن، بازیابی نفت.

۱. مقدمه

آلودگی‌های نفتی از مشکلات اجتناب‌ناپذیری است که کشورهای نفت‌خیز با آن روبه‌رو هستند. کشور ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست. یکی از اکوسیستم‌هایی که بسیار مورد تهدید است، اکوسیستم‌های آبی است [۱]. طبق ارائه رئیس پژوهشکده دریای خزر سالانه ۱۲۲ هزار و ۳۵۰ تن آلودگی نفتی وارد دریای خزر می‌شود که از طریق نفتکش‌ها، مبادی ورودی و خروجی نفت، چاه‌های اکتشاف و استخراج که از تکنولوژی

این آلودگی‌ها تنها مشکلات زیست محیطی در پی ندارند، بلکه خطر بسیار بزرگی برای جوامع بشری محسوب می‌شوند. نشت نفت با انتشار بخارات نفتی سبب استنشاق مواد سمی توسط افراد می‌گردد که منجر به سوزش، اختلالات پوستی و در سطوح بالاتر سرطان می‌شود. نفت شامل بسیاری از ترکیبات شیمیایی فرار و سمی است که استنشاق برخی از آنان توسط زنان باردار می‌تواند موجبات تولد نارس نوزاد، وزن کم نوزاد و یا سقط جنین را فراهم آورد و از سوی دیگر نوزادانی که در معرض اتیل بنزن که

شده قابل بازیابی بوده و می توان آن را به چرخه اقتصادی کشور بازگرداند و از هدر رفت سرمایه ی ملی جلوگیری نمود.

۲. بخش تجربی

۱.۲. مواد و تجهیزات

نفت شناسنامه دار از پژوهشگاه صنعت نفت تهیه شد. سولفات آهن هفت آبه (۹۹٪)، کلرید آهن شش آبه (۹۹٪)، آمونیاک ۴ مولار (۲۵٪)، اسید کلریدریک (۳۷٪) و نرمال هگزان از شرکت Merck آلمان خریداری شد. میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM^۲-FE) مورد استفاده از شرکت هیتاچی مدل S-۴۱۶۰ با قدرت ۳۰ KV و دقت ۵ نانومتر و میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM^۳) مورد استفاده از شرکت فیلیپس مدل CM۳۰ با قدرت ۳۰۰ KV و دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل GC-۱۵A از کمپانی شیماتزو ژاپن با شناساگر FID و ستون MS-۵ Rtx با طول ۳۰ متر بوده است.

۲.۲. روش کار

۱.۲.۲. روش سنتز نانوذرات اکسید آهن

در این پژوهش از نسبت ۱ به ۲ سولفات آهن هفت آبه به کلرید آهن شش آبه در ۱۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر استفاده شد و بر روی استیر با مگنت ۵ سانتی متری به سرعت حل شدند. در ادامه ابتدا pH محلول اندازه گیری شد و برای ایجاد شرایط قلیایی از آمونیاک استفاده گردید. سپس جهت جلوگیری از زیاد شدن زمان واکنش، به کمک دو بورت که در کنار هم چیده شده بودند، افزایش آمونیاک ۴ مولار به آرامی انجام شد. بورت ها طوری تنظیم شدند که قطرات هر دو بورت در مرکز دوران مگنت وارد شوند و همچنین قطرات به صورت متوالی چکیده شوند (شکل ۲).



شکل ۲ | سنتز نانوذرات اکسید آهن

ماده سمی در نفت خام است، قرار گرفتند ریسک بالاتری در ابتلا به بیماری های مادرزادی قلبی دارند. کورکسیت^۱ به عنوان یکی از ترکیبات سمی و خطرناکی که در اثر نشت نفت در محیط دریایی پخش می شود می تواند مشکلات جدی ریوی ایجاد کند [۳].

امروزه تدابیر بسیاری برای رفع آلودگی های نفتی در آب ها به کار گرفته شده است، از جمله می توان استفاده از جاذب های طبیعی و سنتزی، روش های مکانیکی، روش شکست کاتالیستی، استفاده از باکتریهای نفت خوار و به کارگیری نانوذرات به عنوان کاتالیست های فعال را نام برد.

نانوذرات دارای قطری بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می باشند. به عبارتی آن ها در حوزه ای مابین اثرات کوانتومی اتم-ها و مولکول ها و خواص مواد توده ای قرار می گیرند. مواد مختلف در این مقیاس با افزایش نسبت سطح به حجم از خود خواص متفاوت و جالبی را بروز می دهند [۴].

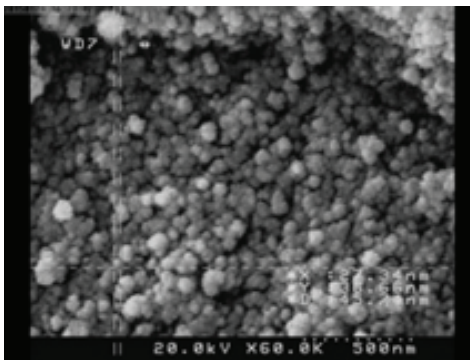
از مهمترین گروه های نانوذرات، نانوذرات مغناطیسی هستند که به خاطر خواص مغناطیسی خود قابل کنترل و جداسازی با نیروی مغناطیسی هستند. آنها ویژگی های مغناطیسی منحصر به فرد بسیاری دارند، نانوذرات مغناطیسی توجه بسیاری از محققان را از رشته های مختلف به خود جلب کرده اند، از مهمترین کاربردهای نانوذرات مغناطیسی در ذخیره اطلاعات، کاتالیز و کاربردهای زیست محیطی است [۵-۹].

نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی نسبت سطح به حجم بزرگ و انرژی سطحی بالایی دارند. بنابراین، تمایل به مجتمع شدن دارند تا انرژی سطحی را کاهش دهند [۱۰]. در دهه ی گذشته، تحقیقات بیشتر در مورد چند نوع اکسید آهن در زمینه نانوذرات مغناطیسی صورت گرفته است که بیشتر شامل مگنتیت است، زیرا سازگاری زیستی بسیار بالایی دارند. روش های بسیاری برای سنتز این نوع نانوذرات به کار می رود که شامل تجزیه گرمایی، میکروامولسیون، سنتز هیدروترمال، سنتز آواشیمی، مایسل معکوس و روش همرسوبی می باشد [۱۱-۱۵]. در این پژوهش سعی برای یافتن روشی نوین برای جداسازی نفت از محیط های آبی به عنوان نیازی مهم و کاربردی شده است. در این راستا ابتدا نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن با هدف کاربردی جدایش نفت از آب به روش همرسوبی سنتز و فرایند جدایش نفت از آب مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج این پژوهش نفت جدا

اندازه‌ی سایز ذرات و بررسی مورفولوژیکی نانوذرات سنتز شده از دستگاه FE-SEM و TEM دانشکده فنی دانشگاه تهران با مشخصات ارائه شده در بخش تجربی استفاده شد و نتایج زیر به دست آمد (شکل ۳ و شکل ۴).

۱.۱.۳. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی

برای بررسی نانوذرات سنتز شده توسط دستگاه FE-SEM، پس از قرار دادن نمونه در محفظه، اتمسفر داخل ستون میکروسکوپ به کمک پمپ‌های موجود به خلأ مناسب می‌رسد. وقتی که خلأ موردنیاز حاصل شد، پرتوی الکترونی تولید و توسط لنزهای الکترومغناطیسی باریک و روی نمونه متمرکز می‌شوند. در حقیقت پرتوی الکترونی بر روی نمونه روبش می‌شود تا از نقاط مختلف آن اطلاعات به دست آید. در نتیجه ی برخورد پرتوی الکترونی با نمونه، سیگنال‌های مناسب تولید شده که توسط آشکارسازها دریافت و در نهایت به تصویر یا دیگر اطلاعات موردنظر تبدیل می‌شوند. در میکروسکوپ الکترونی معمولی از فیلامنت تنگستنی به عنوان منبع تولید پرتوی الکترونی استفاده می‌شود، که قدرت کمی در متمرکز کردن پرتوی الکترونی بر روی هدف دارد که این امر موجب کاهش وضوح تصویر می‌شود، در میکروسکوپ الکترونی FE-SEM از تک کریستال برای تولید پرتوی الکترونها استفاده می‌شود که قدرت تمرکز بسیار بالایی بر روی ناحیه هدف داشته و تا بزرگنمایی‌های بسیار بالا در حدود ۷۵۰۰۰۰ برابر نیز همچنان کیفیت تصویر حفظ می‌شود. از جمله مزیت‌های دیگر این دستگاه توانایی بررسی سطح مواد مغناطیسی است که در میکروسکوپ‌های الکترونی معمولی به دلیل انحراف پرتوی الکترونی امکان پذیر نمی‌باشد. با توجه به مزیت‌های یاد شده در این پژوهش از دستگاه FE-SEM استفاده شد و همان‌طور که در شکل ۳ مشخص است نانوذرات سنتز شده دارای سایز مناسب در محدوده ۲۰ تا ۵۰ نانومتر بوده و کروی شکل هستند.



شکل ۳ تصویر SEM نانوذرات اکسید آهن مگنتیت

زمانی که pH به حدود ۱۰ رسید با استفاده از اسیدکلریدریک کاهش داده شد تا pH به ۳ برسد و سپس نانوذرات تولید شده توسط مگنت قوی ته‌نشین شده و پس از چند بار شست و شو در آب مقطر برای خشک شدن به آون با دمای ۵۰ درجه سانتیگراد انتقال یافتند.

۲.۲.۲. روش بررسی جدایش نفت از آب در حضور

نانوذرات مگنتیت

در دو ارلن باحجم ۲۵۰ میلی لیتر نفت و آب به نسبت مساوی مخلوط شدند و مقدار ۱ میلی گرم از نانوذرات توسط دستگاه اولتراسونیک در آب سوسپانسی شده و به مخلوط نفت و آب در یکی از نمونه‌ها اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکر قرار گرفتند.

۳.۲.۲. آماده سازی نمونه‌ها و دستگاه جهت آنالیز گاز

کروماتوگرافی

یکی از بهترین روش‌ها برای جداسازی ترکیبات نفتی استفاده از حلالهای آلی است. نمونه نفت و آب در هر دو ارلن حاوی نانوذرات و ارلن شاهد با استفاده از قیف جدا کننده از یکدیگر جدا شدند. برای شناسایی ترکیبات نفتی در نمونه نفت و نمونه آب از حلال نرمال هگزان استفاده شد. به هر کدام از ارلن‌ها ۳۰ میلی لیتر نرمال هگزان اضافه شد و پس از مخلوط کردن به کمک قیف جداکننده دو فاز تشکیل و فاز هگزان جدا شد. دستگاه گاز کروماتوگرافی در سنجش کمی ترکیبات آلی نفت کاربرد دارد. برای سنجش ترکیبات موجود با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی، دمای محل تزریق و شناساگر روی ۳۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. دمای آون از ۸۰ درجه سانتیگراد شروع و با میزان ۱۰°C/min افزایش یافت تا به دمای ۲۸۰ درجه سانتیگراد رسید و به مدت ۱۰ دقیقه در این دما نگه داشته شد. حجم تزریق در هر دفعه ۱ میکرولیتر در نظر گرفته شد.

۳. نتایج و بحث

۱.۱.۳ آنالیز سایز نانوذرات اکسید آهن

طبق روش ارائه شده در بخش تجربی نانوذرات با نسبت مولی ۱ به ۲ یون‌های فریک و فروس سنتز شدند. طبق بررسی‌های حاصل بیشترین مقدار جرمی نانوذرات با این نسبت مولی سنتز شدند. دمای بهینه دمای ۳۰ درجه سانتیگراد بود و pH قلیایی مناسب حدود ۱۰ انتخاب شد. برای حصول اطمینان از

۲.۳. تأثیر نانوذرات اکسید آهن بر جدایش نفت از آب

بررسی کاربرد نانوذرات در جدایش نفت از آب به عنوان یکی از معضلات مهم زیست محیطی بسیار مورد توجه است. نمونه مورد مطالعه و نمونه کنترل پس از گذشت یک شبانه روز نتایج چشمگیری را نشان دادند، همان طور که در شکل ۵ قابل مشاهده است نمونه مورد مطالعه جدایش نفت از آب را به خوبی نشان می دهد. نانوذرات در جدایش آب از نفت بسیار موفق عمل کردند که علت این امر حضور نانوذرات مگنتیت است. علت این رخداد افزایش نیروهای هیدروفوبی در ساختار نفت است که سبب تمایل بیشتر مولکول های نفتی به یکدیگر می شود.

با توجه به سازگاری زیستی نانوذرات اکسید آهن مگنتیت و دارا بودن خاصیت مغناطیسی می توان از این خصوصیت جهت جدایش آلودگی های نفتی از آب ها استفاده کرد و حتی توسط خاصیت مغناطیسی لکه ی نفتی را هدایت کرد.

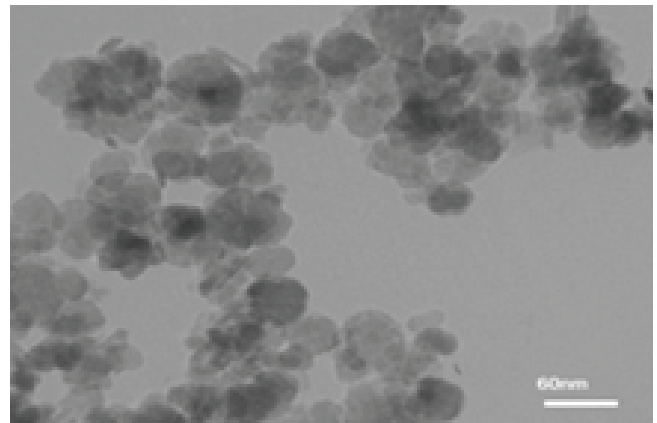
۳.۳. بررسی جدایش نفت از آب با استفاده از دستگاه

گاز کروماتوگرافی

مطابق توضیحات ارائه شده در بخش تجربی، ابتدا در دو ارلن با حجم ۲۵۰ میلی لیتر مقدار ۱۰۰ میلی لیتر نفت با ۱۰۰ میلی لیتر آب مخلوط و هم زده شد. سپس مقدار ۱ میلی گرم از نانوذرات توسط دستگاه اولتراسونیک در آب سوسپانسی شده و به مخلوط نفت و آب در یکی از نمونه ها اضافه شد. نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکر قرار گرفتند. سپس نمونه نفت و آب در هر دو ارلن حاوی نانوذرات و ارلن شاهد با استفاده از قیف جدا کننده از یکدیگر جدا شدند. برای شناسایی ترکیبات نفتی در نمونه نفت و نمونه آب از حلال نرمال هگزان استفاده شد. به هر کدام از ارلن ها ۳۰ میلی لیتر نرمال هگزان اضافه شد و پس از مخلوط کردن به کمک قیف جدا کننده دو فاز تشکیل و فاز هگزان جدا شد. برای سنجش ترکیبات موجود با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی، دمای محل تزریق و شناساگر روی ۳۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. دمای آن از ۸۰ درجه سانتیگراد شروع و با آهنگ ۱۰°C/min افزایش یافت تا به دمای ۲۸۰ درجه سانتیگراد رسید و به مدت ۱۰ دقیقه در این دما نگه داشته شد. حجم تزریق در هر دفعه ۱ میکرولیتر در نظر گرفته شد. سپس کروماتوگرام نمونه های نفتی و نفت باقیمانده در آب جداسازی شده گرفته شد.

۲.۱.۳. تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری

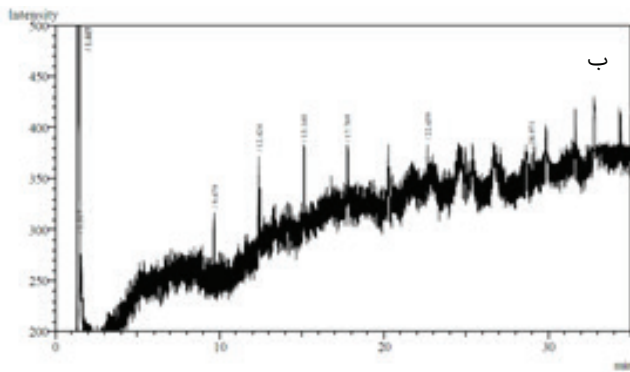
میکروسکوپ های الکترونی عبوری (TEM) ابزاری ویژه در مشخص نمودن ساختار و مورفولوژی مواد محسوب می شود که مطالعات ریزساختاری مواد با قدرت تفکیک بالا و بزرگنمایی خیلی زیاد را امکان پذیر می سازد. علاوه بر این از این میکروسکوپ ها جهت مطالعات ساختارهای بلور، تقارن، جهت گیری و نقائص بلوری می توان استفاده نمود. نانوذرات سنتز شده با توجه به شکل ۴ که مربوط به میکروسکوپ الکترونی عبوری است متراکم و در هم تنیده نبوده و یکنواخت می باشند و دارای ساختار بلوری مناسب هستند.



شکل ۴ تصویر SEM نانوذرات اکسید آهن مگنتیت



شکل ۵ ارلن سمت راست نمونه مورد مطالعه است که جدایش نفت از آب را توسط نانوذرات مگنتیت نشان می دهد. ارلن سمت چپ نمونه شاهد است که جدایش مناسبی در آن صورت نگرفته است.

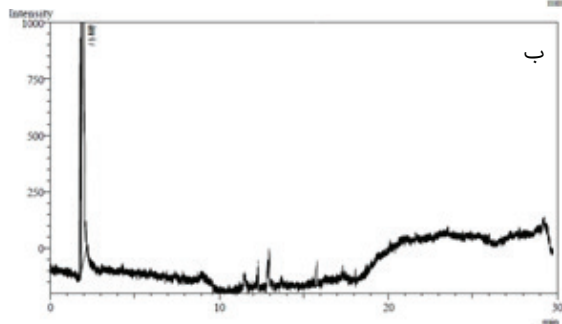
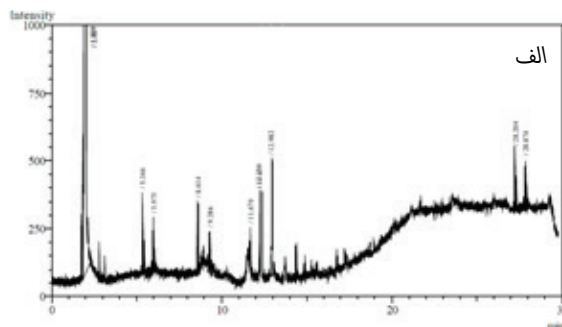


شکل ۶ الف) کروماتوگرام نفت موجود در نمونه شاهد
ب) کروماتوگرام نفت موجود در نمونه مورد آزمایش

۲.۳.۳. بررسی کروماتوگرام نمونه های نفت باقیمانده

در آب جداسازی شده

پس از مطالعه نفت جداسازی شده، نمونه آبی نیز با نرمال هگزان کاملاً مخلوط شد و به کمک قیف جدا کننده پس از مدتی فاز هگزان برای آنالیز گاز کروماتوگرافی جدا گردید. با توجه به اینکه نفت باقیمانده در فاز آبی در نمونه شاهد و نمونه مورد مطالعه تمایل بیشتری به انحلال پذیری در نرمال هگزان در مقایسه با آب دارد، به دلیل خاصیت هیدروفوبی خود و تمایل بیشتر به محیط آلی وارد حلال نرمال هگزان می شود، از این رو با سنجش میزان نفت باقیمانده با دستگاه گاز کروماتوگرافی می توان میزان نفت باقیمانده در هر دو نمونه را مقایسه کرد. شکل ۷ کروماتوگرام حاصل از نفت باقیمانده در آب در دو نمونه شاهد و نمونه مورد مطالعه نشان می دهد.

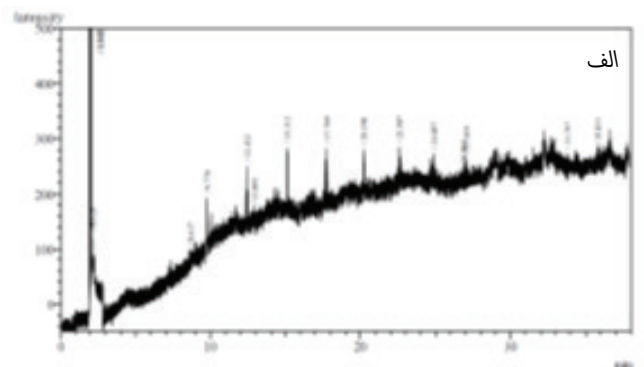


شکل ۷ الف) کروماتوگرام نمونه شاهد ب) کروماتوگرام نمونه مورد آزمایش
کروماتوگرام حاصل از نفت باقیمانده در آب جداسازی شده

۱.۳.۳. بررسی اثر نانوذرات مگنتیت بر روی نمونه های

نفتی به روش کروماتوگرافی گازی

به کمک نرمال هگزان نمونه ها برای آنالیز گاز کروماتوگرافی آماده شد. کروماتوگرافی گازی یکی از روش های کروماتوگرافی است که برای بررسی و جداسازی مواد آلی بدون تجزیه شدن آن ها، به کار می رود. در کروماتوگرافی گازی، فاز گازی یک فاز بی اثر (برای مثال هلیوم، نیتروژن، آرگون و دی اکسید کربن) است. فاز ساکن یک جسم جامد جاذب و یا لایه نازکی از یک مایع غیر فرار است که به دیواره داخلی ستون یا به صورت پوششی روی سطح گلوله های شیشه ای یا فلزی قرار داده شده است. در کروماتوگرافی گازی، جداسازی اجزا یک مخلوط متناسب با میزان توزیع اجزا تشکیل دهنده مخلوط بین فاز متحرک گازی و فاز ساکن جامد یا مایع صورت می گیرد. در این روش گاز حامل مخلوط را درون ستون حرکت می دهند و بین دو فاز در حالت تعادل (گاز-مایع) اجزا تشکیل دهنده مخلوط توزیع می شوند. بنابراین فاز متحرک اجزا تشکیل دهنده نمونه را به طرف بیرون ستون حرکت می دهد و هر مولکولی که با ارتباط سست تر جذب ستون شده است، زودتر و جزئی که قدرت جذب بیشتری با ستون دارد، دیرتر از ستون خارج می شوند. بنابراین، اجزا مخلوط از یکدیگر جدا می شوند. کروماتوگرافی گازی برای جداسازی و شناسایی اجزا تشکیل دهنده و تجزیه کمی آنها کاربرد دارد. نمونه نفت کنترل و نمونه نفت مورد مطالعه پس از جداسازی توسط نرمال هگزان با دستگاه گاز کروماتوگرافی دارای ستون 5 MS-Rtx که مناسب برای جداسازی ترکیبات آلی نفتی است، مورد آنالیز قرار گرفتند. اضافه نمودن نانوذرات اکسید آهن مگنتیت تفاوت معنی داری در کروماتوگرام حاصله ایجاد نکرد. با توجه به شکل ۶ نمونه مورد آزمایش و نمونه کنترل کروماتوگرام های مشابهی نشان دادند، که می توان نتیجه گرفت نانوذرات تغییری در ساختار نفت ایجاد نکرده اند.



همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، ترکیبات نفتی شناسایی شده در نمونه آب مورد آزمایش در مقایسه با نمونه آب شاهد بسیار ناچیز است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد ترکیبات نفتی توسط نانوذرات مگنتیت جدا سازی شده‌اند. با توجه به آنالیز گاز کروماتوگرافی صورت گرفته نانوذرات مگنتیت کاملاً موفق عمل کرده‌اند و توانسته‌اند ترکیبات نفتی را به صورت قابل ملاحظه‌ای از محیط آبی جدا کنند.

۴. نتیجه‌گیری

در این پژوهش روشی نوین برای جداسازی نفت از محیط‌های آبی به عنوان نیازی مهم و کاربردی مورد بررسی قرار گرفته است. نانوذرات اکسید آهن مگنتیت به کار گرفته شده در این پژوهش، سبب جدایش نفت از آب شدند. با توجه به نتایج آنالیز گاز کروماتوگرافی دو دستاورد قابل درک است. با توجه به تغییرات ناچیز ترکیبات آلی شناسایی شده در کروماتوگرام حاصل از نفت نمونه شاهد و نمونه مورد مطالعه، نفت جدا شده قابل بازیابی است و می‌تواند مجدد به عنوان سرمایه ملی به چرخه اقتصادی کشور بازگردد. از سوی دیگر با بررسی کروماتوگرام حاصل از آب جدا شده در نمونه شاهد و نمونه مورد مطالعه جدایش ترکیبات نفتی در حضور نانوذرات تا بیش از ۹۰ درصد صورت پذیرفته است و امکان استفاده از نانوذرات مگنتیت در آلودگی‌های آبی را نوید می‌دهد. امید است نتایج این پژوهش در استفاده از نانوذرات مگنتیت با رعایت ایمنی زیستی به عنوان روشی مناسب جهت بازیابی نفت در این نوع آلودگی‌ها به کار رود.

سپاسگزاری

از مسئولین پژوهشکده علوم پایه کاربردی، جهاد دانشگاهی و پژوهشگاه صنعت نفت که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند، کمال سپاس را داریم.

مراجع

- [1] K. A. Kvenvolden and C. K. Cooper, "Natural seepage of crude oil into the marine environment," *Geo-Marine Lett.*, vol. 23, no. 3-4, pp. 140-146, 2003.
- [2] S. L. Hollaway, G. M. Faw, and R. K. Sizemore, "The bacterial community composition of an active oil field in the Northwestern Gulf of Mexico," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 11, no. 6, pp. 153-156, 1980.
- [3] C. Holliger, S. Gaspard, G. Glod, C. Heijman, W. Schumacher, R. P. Schwarzenbach, and F. Vazquez, "Contaminated environments in the subsurface and bioremediation: organic contaminants," *FEMS Microbiol. Rev.*, vol. 20, no. 3-4, pp. 517-523, 1997.
- [4] L. LaConte, N. Nitin, and G. Bao, "Magnetic nanoparticle probes," *Mater. Today*, vol. 8, no. 5, pp. 32-38, 2005.
- [5] D. Patel, J. Y. Moon, Y. Chang, T. J. Kim, and G. H. Lee, "Poly (D, L-lactide-co-glycolide) coated superparamagnetic iron oxide nanoparticles: Synthesis, characterization and in vivo study as MRI contrast agent," *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 313, pp. 91-94, 2008.
- [6] M. Zhao, L. Josephson, Y. Tang, and R. Weissleder, "Magnetic sensors for protease assays," *Angew. Chemie Int. Ed.*, vol. 42, no. 12, pp. 1375-1378, 2003.
- [7] E. Duguet, S. Mornet, S. Vasseur, F. Grasset, P. Veverka, G. Goglio, A. Demourgues, J. Portier, and E. Pollert, "Magnetic nanoparticle design for medical applications," *Prog. Solid State Chem.*, vol. 34, no. 2-4, pp. 237-247, 2006.
- [8] P. D. Stevens, J. Fan, H. M. R. Gardimalla, M. Yen, and Y. Gao, "Superparamagnetic nanoparticle-supported catalysis of Suzuki cross-coupling reactions," *Org. Lett.*, vol. 7, no. 11, pp. 2085-2088, 2005.
- [9] Y. Jun, J. Choi, and J. Cheon, "Heterostructured magnetic nanoparticles: their versatility and high performance capabilities," *Chem. Commun.*, no. 12, pp. 1203-1214, 2007.
- [10] W. Wu, Q. He, and C. Jiang, "Magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis and surface functionalization strategies," *ChemInform*, vol. 40, no. 24, p. i, 2009.
- [11] J. Lee, T. Isobe, and M. Senna, "Magnetic properties of ultrafine magnetite particles and their slurries prepared via in-situ precipitation," *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 109, pp. 121-127, 1996.
- [12] S. Sun and H. Zeng, "Size-controlled synthesis of magnetite nanoparticles," *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 124, no. 28, pp. 8204-8205, 2002.
- [13] J. Vidal-Vidal, J. Rivas, and M. A. Lopez-Quintela, "Synthesis of monodisperse maghemite nanoparticles by the microemulsion method," *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 288, no. 1, pp. 44-51, 2006.
- [14] A. B. Chin and I. I. Yaacob, "Synthesis and characterization of magnetic iron oxide nanoparticles via w/o microemulsion and Massart's procedure," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 191, no. 1, pp. 235-237, 2007.
- [15] Z. Jing and S. Wu, "Synthesis and characterization of monodisperse hematite nanoparticles modified by surfactants via hydrothermal approach," *Mater. Lett.*, vol. 58, no. 27, pp. 3637-3640, 2004.
- [16] W. Wu, Q. He, R. Hu, J. Huang, H. Chen, *Rare Metal Mater. Eng.*, vol. 34, no 238, 2007.

The Use of Magnetite Iron Oxide Nanoparticles in Water-Oil Separation

E.Pourfakhraei | J.Badraghi | A.Banaei | F.Mamashli | S.Ashkevarian

Research Institute of Applied Science, ACECR, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Abstract

Oil contaminations are a problem that Iran, as a country having oil reserves, faces it. These contaminations mostly occur in aquatic ecosystems and cause death of many aquatic organisms, their entrance in food chain, and health problems in human societies. Many solutions have been proposed for this problem and using nanoparticles has been introduced as a new approach. In this project, iron oxide nanoparticles have been synthesized in order to be used in separating petroleum from water. These nanoparticles are biocompatible and could be directed and recovered by magnetism. Based on our experiments, nanoparticles were successful in separating petroleum from water. Furthermore, the recovered petroleum was analyzed by Gas Chromatography and showed no significant change. According to the results of current investigation, the separated petroleum could be recovered and returned to the economic cycle of the country and inhibit the loss of national wealth.

Keywords

Oil contaminations, aquatic ecosystem, Iron oxide nanoparticles, Oil recovery.