نشریه علمی- پژوهشی زمین شناسی نفت ایران
سال دهم، شماره ۱۹، بهار و تابستان ۱۳۹۹ص۵۸-۶۸
Iranian Journal of Petrolum Geology
No. 19, Spring & Summer 2020, pp. 58-68

بررسی آزمایشگاهی تغییر ترشوندگی سنگ مخزن با استفاده از نانو ذرات اکسید فلز

عبدالحمید انصاری[۱*]، صادق عامری[۲]

۱-استادیار گروه مهندسی نفت ، واحد لامرد، دانشگاه آزاد اسلامی، لامرد، ایران
۲-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، واحد لامرد، دانشگاه آزاد اسلامی، لامرد، ایران

* abdolhamida61@gmail.com

دریافت خرداد ۱۳۹۹، پذیرش تیر ۱۴۰۰

چکیده

یکی از روش‌های ازدیاد برداشت از مخازن نفتی تزریق نانوسیالات است. نانو ذرات از طریق تغییر ترشوندگی، کاهش کشش سطحی، کاهش گرانروی نفت باعث افزایش برداشت نفت از مخازن می‌شوند. نانوذرات اکسید فلز (نانو ذرات سرامیکی) بیشترین کاربرد را در افزایش برداشت از مخازن دارند. در این پژوهش به بررسی تغییرات در سطوح تماس نفت – آب – سنگ در حضور و عدم حضور نانوذرات اکسید فلز پرداخته شده است. تغییر ترشوندگی سنگ در غلظت‌های مختلف نانوذرات در فاز آبی آنالیز شده است. چهار نانو ذره مورد استفاده در این مطالعه عبارتند از: TiO_2, NiO, Co_3O_4, Al_2O_3. طبق نتایج آزمایشات انجام شده، نانو ذرات NiO , Co_3O_4, Al_2O_3, TiO_2 بر ترشوندگی سنگ مخزن تاثیر قابل توجهی داشتند. به صورتی که با افزایش غلظت نانوذرات، تأثیر آن‌ها روی تغییر ترشوندگی نیز بیشتر شده است. طبق آزمایشات انجام شده، استفاده از نانو ذرات NiO , Co_3O_4, Al_2O_3, TiO_2 باعث کاهش زاویه تماس بین سنگ و سیال شده است و در نتیجه ترشوندگی سنگ به سمت آب-دوستی تمایل پیدا کرده است. بیشترین آب-دوستی سنگ و کاهش زاویه تماس بین سنگ و سیال مربوط به نانو ذره NiO و کمترین تغییر در زاویه تماس مربوط به نانو ذره Al_2O_3 است. استفاده از نانو ذرات و تغییر ترشوندگی سنگ از نفت دوست به آب دوست سبب خروج نفت از حفرات سنگ شده و در نتیجه علاوه بر جدا شدن ذرات آسفالتین رسوب کرده در سطح سنگ، ذرات آسفالتینی که در ترکیبات نفت وجود دارد همراه نفت به بیرون از حفرات سنگ رانده شده و به صورت معلق همراه نفت جریان پیدا می‌کنند. این شناور ماندن ذرات آسفالتین در نفت، جداسازی رسوب آسفالتین را آسان می‌کند این تغییر در ترشوندگی سنگ از نفت-دوست به آب-دوست از دیدگاه ازدیاد برداشت نفت نیز سبب کاهش میزان نفت باقیمانده در سنگ شده و در نتیجه سبب ازدیاد برداشت نفت از مخازن می‌شود.

کلمات کلیدی: امولسیون، رسوب آسفالتین، نانو ذرات، جذب سطحی، تغییر ترشوندگی

۱-مقدمه

رسوب آسفالتین در برخی میادین نفتی نقاط مختلف جهان در خلال تولید نفت از مسائل بسیار جدی محسوب می‌گردد. در بعضی از میادین چاه‌هایی وجود داشته است که در آغاز بهره برداری ۳۰۰۰ بشکه در روز دبی تولیدی داشته‌اند اما ظرف مدت کوتاهی پس از تولید، جریان نفت در آنها قطع شده است. هزینه تعمیر و رفع این مشکلات از لحاظ اقتصادی بسیار قابل ملاحظه است. رسوب آسفالتین در مخازن نفت نیز باعث کاهش نفوذپذیری و تغییر ترشوندگی سنگ مخزن و در نهایت کاهش تولید نفت از مخزن می‌گردد. تغییر ترشوندگی برای سنگ های نفت دوست به آب دوست موضوعی قابل توجه می‌باشد زیرا با آب دوست‌کردن مخزن، باعث نفوذ بیشتر آب در خلل و فرج، تراوایی فاز آب کم شده و تراوایی فاز نفت بیشتر می‌شود که این پدیده منجر به ازدیاد برداشت نفت خواهد شد. افزایش تمایل آب برای چسبیدن به سطح نسبت به نفت همچنین منجر به راندن نفت از حفره‌های ریزتر به حفره‌های بزرگ‌تر و همچنین رانده‌شدن نفت به مسیرهای بزرگ‌تر و در نتیجه تولید بیشتر خواهد شد[۱]. بدلیل مشکلات فراوانی که آسفالتین ایجاد می‌کند، محققین در جستجوی راه حلی برای این مشکل هستند. در یک مخزن نفتی به دلیل غیر یکنواخت بودن سیالات مخزن درجه سنگینی نفت در سرتاسر مخزن متفاوت خواهد بود بنابراین میزان درصد آسفالتین موجود در نفت در نقاط مختلف متغیر خواهد بود لذا رسوب آسفالتین در مخزن و چاه در هر نقطه از مخزن عملکرد متفاوتی خواهد داشت پس طراحی مناسب موقعیت چاه‌ها همواره باعث جلوگیری و یا کاهش رسوب آسفالتین می‌شود. روش‌های گوناگونی نیز برای رفع مشکل آسفالتین ارائه و امتحان شده‌اند که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند[۲، ۳]. یکی از راه‌های مقابله با این مشکل به خصوص زمانی که رسوب در درون چاه‌ها و لوله‌های انتقالی صورت می‌گیرد استفاده از روش‌های جلوگیری از رسوب آسفالتین است. این روش‌ها شامل روش‌های کریستالی، مکانیکی، مواد شیمیایی گرمازا و پدیده‌های مافوق‌صوت می‌باشند. رویکرد دیگر در مقابل آسفالتین، استفاده از حلال‌های مختلف است. آسفالتین در تولوئن و حلال‌های حلقوی آروماتیک انحلال‌پذیر است. در میادین نفتی استفاده از زایلن کاربرد بیشتری نسبت به سایر حلال‌ها دارد و به عبارتی در بین این نوع حلال‌ها این زایلن است که بهترین عملکرد انحلالی را دارد. اما مشکلاتی از قبیل مصرف بالا، هزینه‌ی بسیار زیاد، زمان پایداری کوتاه و شرایط زیست محیطی نامناسب باعث می‌شود تا استفاده از زایلن محدود گردد. تاکنون مطالعات زیادی در زمینه جلوگیری و از بین بردن رسوب آسفالتین در سطح دنیا انجام شده است که از این میان استفاده از نانوذرات و فناوری نانو می‌تواند یکی از روش‌های کاربردی و موثر محسوب شود. بنابراین حرکت به سمت بومی‌سازی این روش‌ها اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. استفاده از روش‌های نوین با قابلیت پایداری در شرایط چاه می‌تواند گامی برای حل این معضل به شمار آید. این ذرات، نانو ذراتی فلزی و یا از جنس اکسید فلز هستند که ویژگی‌های مثبت زیادی از قبیل: نسبت سطح به حجم بسیار بالا، درجه تعلیق بسیار زیاد، توانایی جذب سطحی عالی و همین طور توان کاتالیستی مناسبی دارند [۴، ۵، ۶]. استفاده از نانو ذرات با توجه به ویژگی‌های آن‌ها می‌تواند ترشوندگی مخازن نفتی را به سمت آب‌دوست تغییر دهد و همچنین امولسیون کمتری در مخزن تشکیل شود و با مشکل برداشت نفت از مخازن مواجه نشد. رایج‌ترین نانوذرات، نانوذرات سرامیکی هستند که به سرامیک‌های اکسید فلزی هم معروفند. این نانو ذرات، پر استفاده‌ترین دسته از نانوذرات را تشکیل می‌دهند. این دسته می‌تواند شامل تمام اکسیدهای عناصر جدول تناوبی باشد. نانوذرات اکسید فلزی دارای اندازه‌ی یکسانی در هر سه بعد، از دو یا سه نانومتر تا صد نانومتر هستند و به وسیله‌ی نیروهای الکترواستاتیک به یکدیگر چسبیده و به شکل پودر بسیار ریزی رسوب می‌کنند. استفاده از نانو ذرات به منظور ازدیاد برداشت نفت جز روش‌های نوین ازدیاد برداشت تقسیم‌بندی می‌شود. نانوذرات به دلایل زیر دارای کاربرد در فرآیندهای ازدیاد برداشت هستند:۱- اندازه کوچک که باعث ورود آنها به خلل و فرج سنگ شده و بدون به دام افتادن، نفت را از درون خلل و فرج خارج می‌کند.۲- توانایی پایدارسازی امولسیون‌ها.۳- انتقال سریع و بهتر گرما در روش‌های

حرارتی.٤- سازگاری بیشتر با محیط‌زیست نسبت به سایر مواد شیمیایی. ٥- تحمل دما و فشار بالا به دلیل مقاومت بیشتر در برابر تخریب نسبت به بقیه مواد [٦، ٧، ٨]. ذرات نانو کاربردهای چندگانه‌ای دارند. این ذرات می‌توانند آسفالتین موجود در نفت را بصورت معلق نگه دارند و از رسوب آن‌ها جلوگیری کنند و نیز می‌توانند با استفاده از نقش کاتالیست حرارتی خود، باعث حذف رسوب آسفالتین از سطح شوند. نقش ذرات نانو را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد: اول این‌که به دلیل ظرفیت جذب بالای آن‌ها که به خاطر اندازه ذرات، سطح و ترکیب این نانوذرات می‌باشد، این ذرات می‌توانند به سرعت آسفالتین موجود را جذب کنند. این موضوع باعث بهبود تحرک نفت و جلوگیری از اجتماع و انعقاد آسفالتین می‌شود. از طرفی دیگر، بر اساس تحقیقاتی که بر روی نفت‌های سنگین درجا صورت گرفته است، ذرات نانو با استفاده از فرآیند کاتالیستی حرارتی می‌توانند نفت سنگین را بهبود بخشند [٩، ١٠]. بهبود خواص نفت به واسطه حذف آسفالتین از آن فواید بسیاری به همراه خواهد داشت. از جمله این فواید می‌توان به کاهش هزینه‌های اجرایی، افزایش بازدهی انرژی و همین طور بهبود عملکرد و انتقال نفت اشاره کرد. هدف اصلی این پروژه بررسی احتمال رسوب آسفالتین در مخزن سروستان – سعادت آباد و شناخت دقیق مکانیزم رسوب می‌باشد. در صورت امکان رسوب آسفالتین، ارائه راهکاری مناسب جهت کاهش آن و حتی الامکان جلوگیری از رسوب‌شدن نیز از دیگر اهداف این پروژه می‌باشد.

٢-روش کار

٢-١-تهیه نانوذرات

با تحقیقات گسترده‌ای که بر روی نانو ذره‌ها و مراکز عرضه آنها در کشور انجام گرفت، این نانو ذره‌ها از شرکت آروماتیک ایران که واردکننده محصولات نانو US-NANO می‌باشد خریداری شده است. این شرکت آنالیز کامل نانو مواد را در واحدهای آزمایشگاهی معتبر و مورد تایید ستاد توسعه فناوری نانو در داخل کشور و همچنین عکس‌های میکروسکوپ الکترون روبشی (SEM ،TEM) همراه نانو ماده ارسال کرده است[١١، ١٢، ١٣، ١٤]. در شکل ١ دو نمونه از نانو ذره‌هایی که تهیه شده‌اند و مشخصات آنها روی برچسب بسته‌بندی آمده را نشان داده می‌دهد. اندازه نانو ذرات استفاده شده به شرح زیر می باشد:

*اکسید کبالت CO_3O_4 : ١٠-٣٠ نانومتر

* اکسید آلومنیوم Al_2O_3 : ٣٠ نانومتر

*اکسید تیتانیوم TiO_2 : ٣٥ نانومتراکسید

* نیکل NiO :٢٠ نانومتر

الف ب

شکل ١) الف. SEM و نانو ذره Co3O4 تهیه شده . ب. SEM و نانو ذره NiO تهیه شده

بررسی نانو ذرات در آزمایشات دو اثر را دارد:۱- اثر اول جذب بر روی سطح سنگ و تغییر ترشوندگی سنگ به سمت آب دوستی. ۲- جذب آسفالتین و کنترل تشکیل و پایداری امولسیون آب در نفت و نفت در آب. استفاده از سیستم آب/نفت/سنگ و بررسی تغییر ترشوندگی و میزان امولسیون و همچنین مقایسه نانو ذرات و دسته بندی آن ها در این طرح انجام شده است که حائز اهمیت می باشد.

در این تحقیق از نفت یکی از میادین نفت جنوب ایران استفاده شده است؛ که مشخصات آن در جدول ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول۱) نتایج SARA Test برای نمونه نفت مورد آزمایش

ترکیبات آسفالتین	ترکیبات رزین	ترکیبات آروماتیک	ترکیبات اشباع	
۶/۱	۱۲/۹	۳۷/۶	۴۳/۴	درصد وزنی

جدول۲) نتایج CCE Test برای نمونه نفت مورد آزمایش

۲۲۰	۱۰۰	دما (°F)
۱۲۶۰	۹۴۰	فشار نقطه حباب (Psia)

جدول ۳) نتایج DV Test برای نمونه نفت مورد آزمایش

۲۲۰	دما (°F)
۱۲۶۰	فشار نقطه حباب (Psia)
۳	گرانروی (Cp)

۲-۲-آماده‌سازی سیال نانو

ابتدا هر کدام از نانو ذرات در دو درصد وزنی مختلف آماده می‌شوند که مقادیر وزن آن‌ها در جدول ۱ نتایج آورده شده است. هر کدام از مقادیر آماده شده را در آب دیونیزه با وزن معین ریخته و بوسیله دستگاه همزن و سپس جهت پراکندگی بهتر و همگن شدن بیشتر در دستگاه التراسونیک به مدت ۱۵ دقیقه بهم میزنیم . دستگاه التراسونیک با مارک TOPSONIC ساخت شرکت توسعه فناوری مافوق صوت ایران می‌باشد. در شکل ۲ دستگاه های همزن و ترازوی حساس و همزن التراسونیک نشان داده شده اند.

شکل ۲) استفاده از تجهیزات آزمایشگاه نفت

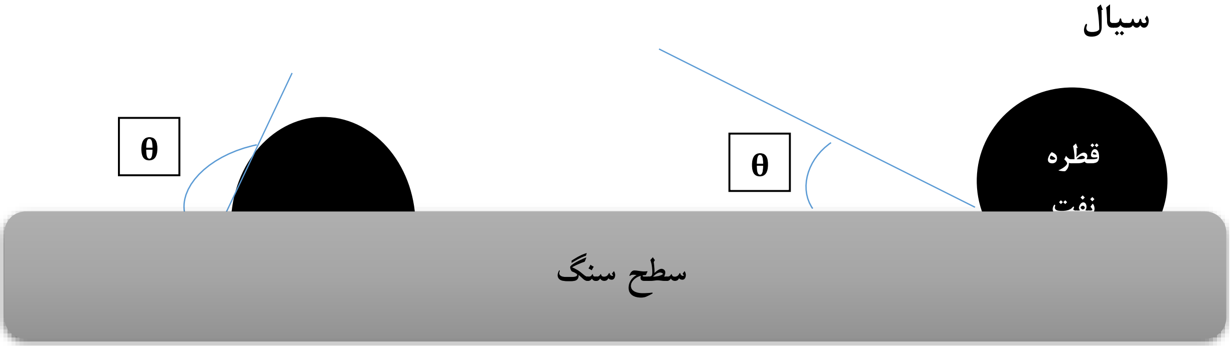
۲-۳- تهیه سنگ مناسب

سنگ مورد استفاده در این پژوهش از نوع کربناته با تخلخل ۱۸٪ و تراوایی ٦۰ میلی دارسی است. از مغزه‌های برداشته شده از مخازن منطقه سنگ‌هایی به ضخامت ۲ میلی‌متر و قطر ۳ سانتی‌متر با دستگاه برش آزمایشگاه تهیه شد و سپس سطح آنها با تولوئن تمیزکاری و با آب مقطر شسته، صاف و صیقل داده شد. سپس سنگ را در مقداری نانو سیال در درون گرم‌کن به مدت ٢٤ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد گذاشته و پس از آن سنگ‌ها خارج کرده به مدت یک ساعت درون گرم‌کن خشک می‌شوند. لازم به یادآوری است که یکی از سنگ‌ها بدون انجام این مرحله برای حالت نفت دوست بودن نگه داشته می‌شود. در شکل ۳ نمونه هایی از سنگهای آماده شده مشاهده می گردد.

شکل۳- سنگهای برش داده شده و آماده شده

۲-٤- عکس برداری با دستگاه DSA و اندازه گیری زاویه قطره با سنگ با استفاده از نرم افزار IMAGEJ

در حالت کلی با توجه به بررسی‌های انجام شده با توجه به شکل ٤ نتیجه می‌گیریم که هرچه θ کمتراز ۹۰ درجه باشد سنگ به سمت آب‌دوستی و حالت مطلوب ما نزدیک‌تر می‌شود. زاویه ۹۰ مرز بین آب‌دوستی و نفت‌دوستی سنگ به حساب می‌آید[۱۵ و ۱٦].



شکل ۴- زاویه قطره با سنگ (θ)

۲-٥- عکس برداری با استفاده از دستگاه DSA

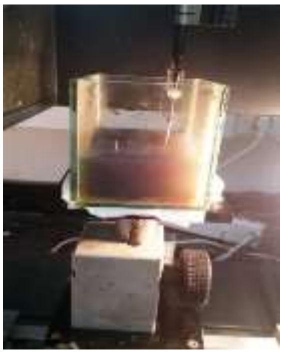
دستگاه DSA شامل ٤ قسمت کلی می‌باشد: محفظه سیال (سل سیال آبی) که نیدل حاوی سیال تزریقی در آن قرار دارد، منبع نور، دوربین و کامپیوتر حاوی نرم افزار آنالیز شکل قطره. از طریق نیدل قطره نفت به زیر سطح مقطع نازک تزریق می‌گردد. مقطع نازک(سنگ) درون سل قرار داد که حاوی سیال آبی می‌باشد. روبروی سل یک منبع نور قرار دارد که روشنایی را جهت مشخص‌کردن شکل دقیق قطره تامین می‌کند. دوربین نیز به نحوی تنظیم می‌گردد که شکل قطره نفت قرار گرفته بر سطح سنگ را به خوبی نمایش دهد. شکل قطرات به نرم‌افزار موجود در کامپیوتر که به دوربین متصل است انتقال داده می‌شود و زاویه بین سطح سنگ و قطره نفت درون محفظه پر از آب اندازه‌گیری می‌گردد.

جهت ارزیابی تغییرات ترشوندگی ارزیابی‌شده از طریق مجموعه آزمایش‌های فوق الذکر، زاویه تماس بین نانوسیالات ساخته‌شده و نفت بر روی سطح سنگ نیز آزمایش شده است. برای این کار ابتدا سنگ بر روی پایه‌ای درون ظرف شیشه‌ای آکواریوم گذاشته شده و سپس در غلظت های مختلف از نانو سیالات در ظرف ریخته‌شده تا سنگ در سیال بطور کامل قرار گیرد و بعد با استفاده از دستگاه DSA100 ساخت شرکت KRUSS آلمان، قطره نفت زیر سنگ تزریق‌شده و عکس‌برداری انجام می‌شود و در آخر زاویه تماس اندازه گرفته می‌شود.

شکل ۵ دستگاه مورد نظر DSA استفاده شده و شکل ٦ نیدل و سل آبی و محل قرارگیری آن را روی دستگاه نشان می‌دهد. در تمامی آزمایش‌ها قطره نفت پس از قرار داده‌شدن بر سطح سنگ به مدت ۲ ساعت رها شده تا تعادل ترمودینامیکی برقرار شود. سپس از شکل قطره، عکس‌برداری شده و زاویه تماس با استفاده از نرم‌افزارImageJ اندازه گرفته شده است. برای حصول اطمینان از زاویه تماس اندازه گرفته شده زاویه تماس در نقاط مختلف سنگ گرفته (حداقل ۵ نقطه) و میانگین زوایای تماس اندازه‌گیری شده به عنوان زاویه تماس در نظر گرفته شده است.

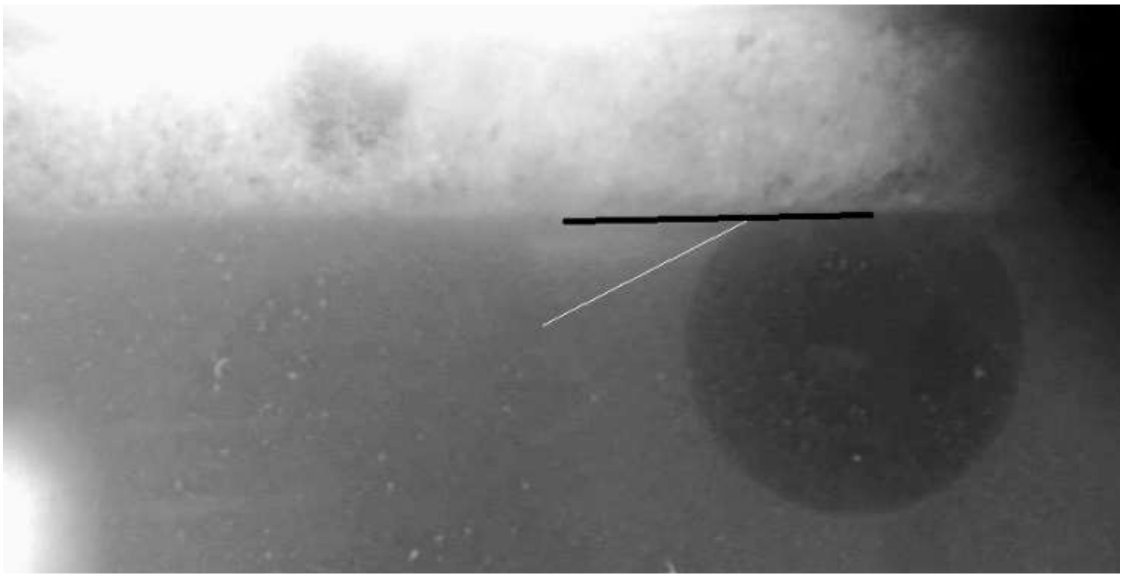
نفت مورد استفاده در آزمایش‌های طراحی شده، مربوط به نفت سروستان می باشد. نانو ذرات استفاده‌شده در این مطالعه شامل ٤ نانو ذره TiO_2 , NiO , Co_3O_4 , Al_2O_3 می‌باشد و مقایسه بین عملکرد آن‌ها انجام می‌شود. در شکل ۷ نمونه نفت تهیه شده از منطقه سروستان و در شکل ۸ نمونه‌ای از عکس گرفته شده با دستگاه DSA و زاویه محاسبه‌شده با نرم افزار IMAGEJ را نشان می‌دهد.

شکل ۵) دستگاه DSA100 شرکت KRÜSS آلمان



شکل ٦) نیدل و سل (ظرف آکواریوم) مربوط به دستگاه DSA

شکل ۷- نمونه نفت

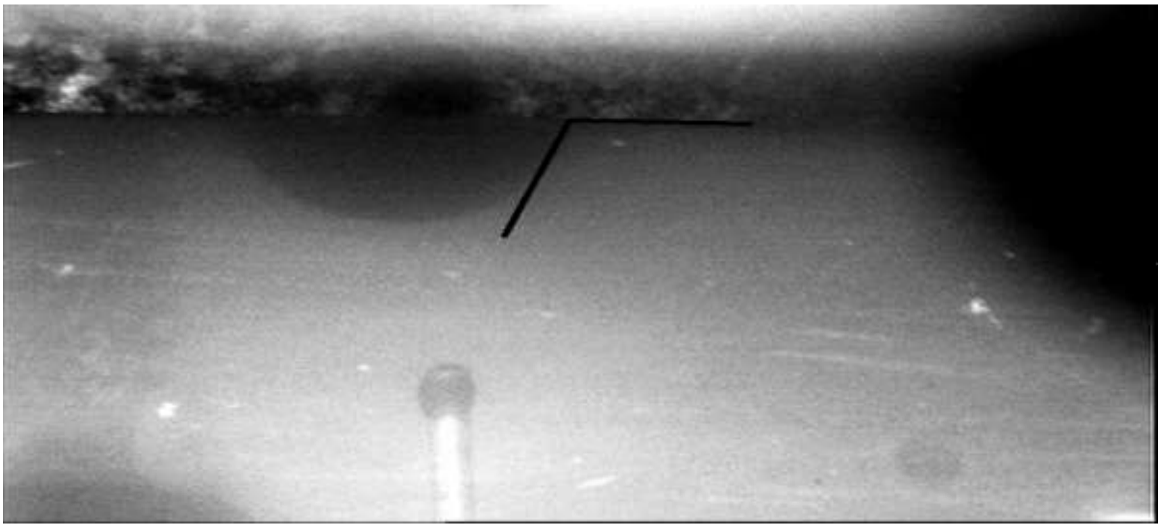


شکل ۸- نمونه ای از عکس گرفته شده با دستگاه DSA

۲-٦- قراردادن قطره نفت روی سنگ در حضور و بدون حضور نانو سیال

۲-٦-۱ ترشوندگی پیش از نانو سیال

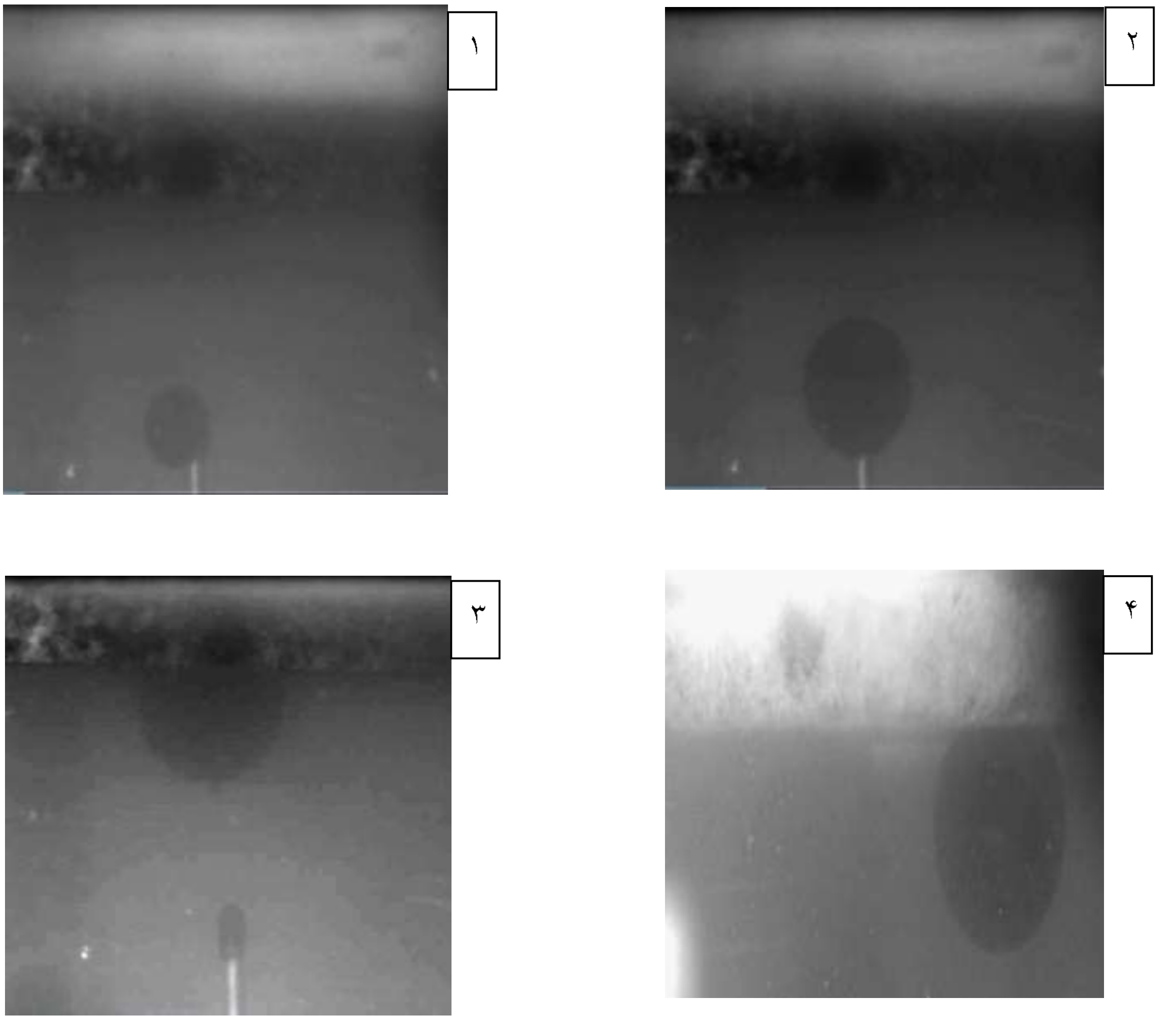
سنگی را که بدون آماده سازی و آب دوست کردن نگه داشته بودیم درون یکی از سیال‌های آماده شده قرار می‌دهیم و قطره نفت را تزریق می‌کنیم. همانطور که در شکل ۹ نشان داده شده سنگ مورد نظر در عکس‌برداری انجام‌شده با دستگاه DSA و اندازه‌گیری زاویه قطره نفت با سطح زیرین سنگ مشاهده گردید که این زاویه بیشتر از ۹۰ درجه است و براساس موارد اشاره شده از مراجع علمی در شرح گفته شده در بالا و مربوط به شکل ۹ سنگ در این حالت نفت دوست می باشد.



شکل ۹) شکل قطره نفت بدون نانو سیال

۲-٦-۲- ترشوندگی پس از نانو سیال

سیال‌های ساخته‌شده را در سل دستگاه DSA ریخته و سنگ‌های آماده شده را هر کدام در سیال‌ها روی پایه‌های تعبیه شده طوری قرار می‌دهیم که سنگ در سیال غوطه‌ور شود. سپس قطره نفت رها شده به سطح زیرین سنگ می‌رسانیم. شکل۱۰ نمونه‌ای از مراحل قرار دادن قطره نفت به سطح زیرین سنگ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد سنگ‌ها آب دوست شده‌اند ولی با زوایای متفاوت.



شکل۱۰) مراحل رها سازی قطره و شکل قطره در سیال نانو

۲-۷-نتایج

نتایج نشان از اثر بخش بودن نانوسیال بر ترشوندگی سنگ مخزن است. با افزایش غلظت نانوذرات، تأثیر آن‌ها روی تغییر ترشوندگی نیز بیشتر است. طبق آزمایشات انجام شده، استفاده از نانو ذرات NiO , Co_3O_4, Al_2O_3, TiO_2 باعث کاهش زاویه تماس بین سنگ و سیال شده است و در نتیجه ترشوندگی سنگ به سمت آب-دوستی تمایل پیدا کرده است. طبق آزمایشات انجام شده با ۱۰ برابر شدن غلظت نانو ذره TiO_2 به اندازه ۲۰ درجه تغییر در زاویه تماس سنگ مشاهده شده است. در صورت استفاده از نانو ذره NiO تنها با ۲/۵ برابر شدن درصد غلظت این نانو ذره، ۲۵ درجه تغییر و نیز در Co_3O_4 با ۳/۵ برابر شدن غلظت، ۱٤ درجه تغییر در زاویه تماس سنگ و سیال دیده شد. در Al_2O_3 با ۱۰ برابر شدن غلظت تنها ۵ درجه کاهش در زاویه سطح مشاهده شده است. نتایج آزمایش‌های انجام شده در جدول ٤ نمایش داده شده است. همان‌گونه که از داده‌های جدول مشاهده می‌گردد دو ستون سمت راست برای راحت‌تر مقایسه کردن بصورت تغییرات در درصد وزنی و تغییر زاویه آورده شده است.

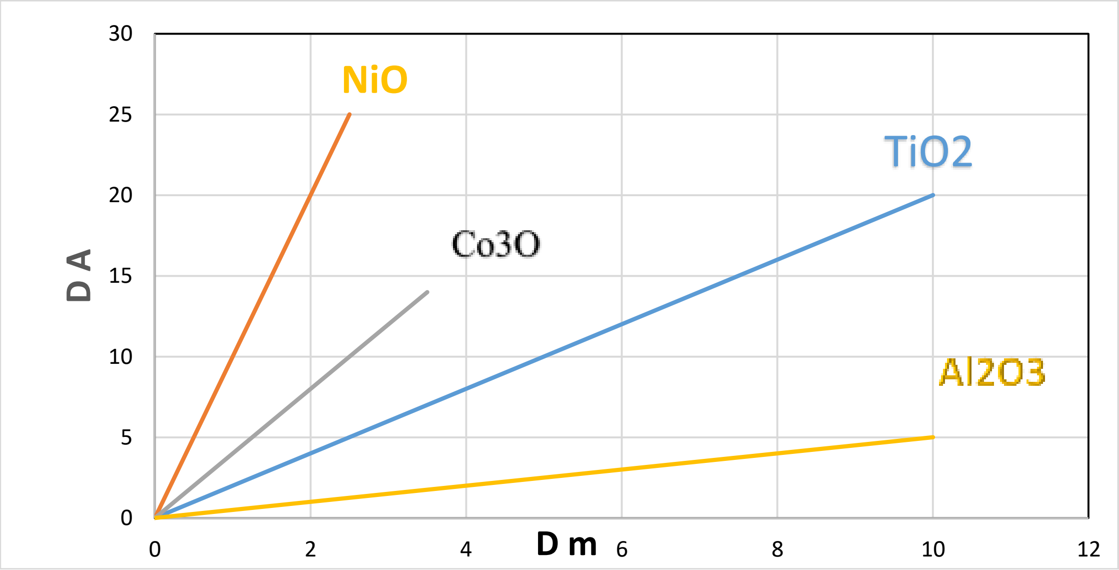
جدول ٤) مقادیر تغییر وزن و تغییر زاویه بدست آمده برای هر ٤ نانو ذره

ΔA	ΔM	زاویه	وزن در ۲۰۰ cc	درصد وزنی		نانو ذرات	
درجه	mg	A	سیال mg	٪			
۲۰	۱۰ برابر	۴۵	۰/۰۷۰	۰/۰۳۵	۱	TiO_2	اکسید تیتانیوم
		۲۵	۰/۷۰	۰/۳۵۰	۲		
						۳۵ nm	۳۵ نانومتر
۲۵	۲/۵ برابر	۶۰	۰/۰۵۰	۰/۰۲۵	۱	NiO	اکسید نیکل
		۳۵	۰/۱۲۵	۰/۰۶۲	۲		
						۲۰ nm	۲۰ نانومتر
۱۴	۳/۵ برابر	۴۲	۰/۰۴۰	۰/۰۲۰	۱	Co_3O_4	اکسید کبالت
		۲۸	۰/۱۴۰	۰/۰۷۰	۲		
						۳۰ nm	۳۰ نانومتر
۵	۱۰ برابر	۲۳	۰/۰۳۰	۰/۰۱۵	۱	Al_2O_3	اکسید الومنیوم
		۱۸	۰/۳۸۰	۰/۱۹۰	۲		
						۳۰ nm	۳۰ نانومتر

هر ٤ نانو ذره مورد استفاده با افزایش غلظت، زاویه تماس بین سنگ و سیال را کاهش می‌دهند یعنی هر ٤ نانو اکسید فلز، مناسب جهت تغییر ترشوندگی سنگ مخزن از نفت دوست به آب دوست می‌باشند.

اضافه بر این مطلب وقتی سنگ از نفت دوست به آب دوست تبدیل می‌شود نفت از حفرات سنگ به بیرون رانده‌شده و در نتیجه علاوه بر جدا شدن ذرات آسفالتین رسوب کرده در سطح سنگ، ذرات آسفالتینی که در ترکیبات نفت وجود دارد همراه نفت به بیرون از روزنه سنگ رانده شده و به صورت معلق همراه نفت جریان پیدا می‌کنند.

این شناور ماندن ذرات آسفالتین در نفت، جداسازی رسوب آسفالتین را آسان می‌کند. داده‌های این دو ستون برای مقایسه بهتر روی نمودار ۱ رسم شده‌اند که از نقطه صفر آغاز و با افزایش درصد غلظت، در تغییر زاویه، افزایش وجود دارد و هر کدام که شیب بیشتری داشته باشند مناسب‌تر خواهند بود. نمودار ۱ نشان می‌دهد که گراف مربوط به NiO بیشترین شیب را دارد و به ترتیب Co_3O_4 و پس از آن TiO_2 و کمترین شیب مربوط به Al_2O_3 است.



نمودار ۱) مقدار کاهش زاویه قطره با سطح نسبت به تغییر درصد غلظت

بنابراین طبق آزمایشات انجام شده، استفاده از نانو ذرات NiO , Co_3O_4, Al_2O_3, TiO_2 به دلیل تغییر ترشوندگی سنگ از نفت-دوست به آب-دوست، نقش چشمگیری در حذف و جلوگیری از رسوب ذرات آلی موجود در سنگ به ویژه ذرات آسفالتین خواهد داشت. هم چنین این تغییر در ترشوندگی سنگ از دیدگاه ازدیاد برداشت نفت نیز سبب کاهش میزان نفت باقیمانده در سنگ شده و در نتیجه سبب ازدیاد برداشت نفت از مخازن می‌شود.

۳-نتیجه‌گیری

با توجه به آزمایشات انجام شده، نتایج زیر بدست آمدند:

-نانو ذرات NiO , Co_3O_4, Al_2O_3, TiO_2 بر ترشوندگی سنگ مخزن تاثیر قابل توجهی داشتند. به صورتی که با افزایش غلظت نانوذرات، تأثیر آن‌ها روی تغییر ترشوندگی نیز بیشتر شده است.

-طبق آزمایشات انجام شده، استفاده از نانو ذرات NiO , Co_3O_4, Al_2O_3, TiO_2 باعث کاهش زاویه تماس بین سنگ و سیال شده است و در نتیجه ترشوندگی سنگ به سمت آب-دوستی تمایل پیدا کرده است.

-ترتیب تاثیر نانو ذرات مورد استفاده در کاهش زاویه تماس بین سنگ و سیال و در نتیجه آب-دوستی سنگ مورد استفاده به صورت زیر است :

$$NiO > Co_3O_4 > TiO_2 > Al_2O_3$$

بنابراین بیشتری آب-دوستی سنگ و کاهش زاویه تماس بین سنگ و سیال مربوط به نانو ذره NiO و کمترین تغییر در زاویه تماس مربوط به نانو ذره Al_2O_3 است و در صورت انتخاب NiO بیشترین تاثیر در کاهش رسوب ذرات آسفالتین اتفاق خواهد افتاد.

-استفاده از نانو ذرات و تغییر ترشوندگی سنگ از نفت دوست به آب دوست سبب خروج نفت از حفرات سنگ شده و در نتیجه علاوه بر جدا شدن ذرات آسفالتین رسوب کرده در سطح سنگ، ذرات آسفالتینی که در ترکیبات نفت وجود دارد همراه نفت به بیرون از روزنه سنگ رانده شده و به صورت معلق همراه نفت جریان پیدا می‌کنند. این شناور ماندن ذرات آسفالتین در نفت، جداسازی رسوب آسفالتین را آسان می‌کند

-این تغییر در ترشوندگی سنگ از نفت-دوست به آب-دوست از دیدگاه ازدیاد برداشت نفت نیز سبب کاهش میزان نفت باقیمانده در سنگ شده و در نتیجه سبب ازدیاد برداشت نفت از مخازن می‌شود.

سپاس و قدردانی

از داوران مقاله آقایان دکتر عزت اله کاظم زاده، دکتر حبیب نیا و مهندس فرزاد حسینی تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

[1] SHE, C., ZHANG, L., XIE, L., LU, X., LIU, Q., MANTILLA, C. A., ... & ZENG, H. (2016). Interaction Mechanism of Oil-in-Water Emulsions with Asphaltenes Determined using Droplet Probe AFM. *Langmuir*, **32(10)**, 2302-2310.

[2] STRASSNER, J. E. (1968). Effect of pH on interfacial films and stability of crude oil-water emulsions. *Journal of Petroleum Technology*, **20(03)**, 303-312.

[3] NASSAR, N. N., HASSAN, A., & PEREIRA-ALMANO, P. (2011). Metal oxide nanoparticles for asphaltene adsorption and oxidation. *Energy & Fuels*, **25(3)**, 1017-1023.

[4] KAZEMZADE, Y., ESHRAGHI, S. E., SOURANI, S., & REYHANI, M. (2015). An interface-analyzing technique to evaluate the heavy oil swelling in presence of nickel oxide nanoparticles. *Journal of Molecular Liquids*, **211**, 553-559.

[5] NASSAR, N. N. (2010). Asphaltene adsorption onto alumina nanoparticles: kinetics and thermodynamic studies. *Energy & Fuels*, **24(8)**, 4116-4122.

[6] OGOLO, N. A., OLAFUYI, O. A., & ONYEKONWU, M. O. (2012, January). Enhanced oil recovery using nanoparticles. In *SPE Saudi Arabia Section Technical Symposium and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.

[7] OGOLO, N. C., OLAFUYI, O. A., & ONYEKONWU, M. (2012, January). Effect of nanoparticles on migrating fines in formations. In *SPE International Oilfield Nanotechnology Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.

[8] SOUZA, V. B., & MANSUR, C. R. (2015). Oil/Water nano emulsions: Activity at the water–oil interface and evaluation on asphaltene aggregates. *Energy & Fuels*, **29(12)**, 7855-7865.

[9] YANG, F., TCHOUKOV, P., DETTMAN, H., TEKLEBRHAN, R. B., LIU, L., DABROS, T., & XU, Z. (2015). Asphaltene Subfractions Responsible for Stabilizing Water-in-Crude Oil Emulsions. Part 2: Molecular Representations and Molecular Dynamics Simulations. *Energy & Fuels*, **29(8)**, 4783-4794.

[10] FRANCO, C. A., NASSAR, N. N., & CORTES, F. B. (2014). Removal of oil from oil-in-saltwater emulsions by adsorption onto nano-alumina functionalized with petroleum vacuum residue. *Journal of colloid and interface science*, **433**, 58-67.

[11] HAMEDI SHOKRLU, Y., BABADAGLI, T., “In-Situ Upgrading of Heavy Oil/Bitumen During Steam Injection by Use of Metal Nanoparticles: A Study on In-Situ Catalysis and Catalyst Transportation”, SPE 146661-PA, 2013

[12] OGOLO, N.A., OLAFUYI, O.A., ONYEKONWU, M.O., “Enhanced Oil Recovery Using Nanoparticles”, SPE 160847-MS, 2012

[13] HAROUN, M., AL HASSAN, S., ANSARI, A., AL KINDY, N., ABOU SAYED, N., ALI B., SARMA, H., “Smart Nano-EOR Process for Abu Dhabi Carbonate Reservoirs”, SPE 162386-MS, 2012

[14] Nano powders and Nanoparticles from US Research Nanomaterials, Inc. US Research Nanomaterials, Inc. Available from: http://www.us-nano.com [Accessed 1 February 2018].

[15] "ORGANIC POLYMER CHEMISTRY."— Presentation transcript . . Available from: www.google search .com , Published by Erik Greer.

[16] GALOPPINI, G., M. TAMBINI, “Asphaltene Deposition Monitoring and Removal Treatments: An Experience Deep Wells”, SPE 27622, 1994.

سال دهم، شماره ۱۹، بهار و تابستان ۱۳۹۹ص۵۸-۶۸
No. 19, Spring & Summer 2020, pp. 58-68

نشریه علمی- پژوهشی زمین شناسی نفت ایران
Iranian Joural of Petrolum Geology

Experimental investigation of wettability conditions using metal oxide nanoparticles

Abdolhamid Ansari [1 *], Sadegh Ameri [2]

1- Assistant Professor, Department of Petroleum Engineering, Lamerd Branch, Islamic Azad University, Lamerd, Iran

2- Master student, Department of Chemical Engineering, Lamerd Branch, Islamic Azad University, Lamerd, Iran

*abdolhamida61@gmail.com

Received: May 2020, Accepted: July 2021

Abstract

One of the methods of harvesting oil reservoirs is the injection of nanoparticles. Nanoparticles increase oil recovery from reservoirs by changing wettability, reducing surface tension, reducing oil viscosity. Metallic nanoparticles (ceramic nanoparticles) have the highest application in increasing the absorption of reservoirs. In this research, changes in the contact levels of oil, water, and stone in the presence and absence of metal oxide nanoparticles have been investigated. The change in the rock's wettability has been analyzed in various concentrations of nanoparticles in the aqueous phase and the governing mechanism for changing the rock solidity in two metal oxide nanoparticles is presented the four nanoparticles used in this study are: TiO2, NiO, Co3O4, Al2O3. According to the experimental results, NiO, Co3O4, Al2O3, TiO2 nanoparticles had a significant effect on the reservoir rock wettability. As the concentration of nanoparticles increases, their effect on the change in wettability has also increased. According to experiments, the use of NiO, Co3O4, Al2O3, TiO2 nanoparticles has reduced the contact angle between the rock and the fluid, and as a result, the wettability of the rock has tended towards hydrophilicity. The highest hydrophilicity of the rock and the decrease of the contact angle between the rock and the fluid are related to NiO nanoparticles and the lowest change in the contact angle is related to Al2O3 nanoparticles. The use of nanoparticles and the change of wettability of the rock from petroleum to hydrophilic causes the oil to leave the rock cavities and as a result, in addition to separating the asphaltene particles deposited on the rock surface, the asphaltene particles in the petroleum compounds along with the oil out of the cavities The rock is driven and flows suspended with the oil. The buoyancy of the asphaltene particles in the oil facilitates the separation of the asphaltene sediment. This change in the wettability of the rock from oil-friendly to hydro-friendly from the point of view of oil extraction also reduces the amount of oil remaining in the rock and thus increases oil extraction from reservoirs. It becomes.

Keywords : Emulsion, asphaltene sediment , Nano-atoms, Surface attraction, Alteration wettability