بررسی اثر نانو لوله‌های کربنی چند دیواره بر بهبود پاکسازی فضای حلقوی چاه‌های هیدروکربنی

محمد سلیمانی[۱*]، سعیده رعیت دوست[۲]

۱و۲- مرکز مطالعات اکتشاف و تولید، پژوهشکده مهندسی نفت، مرکز مطالعات تکنولوژی حفاری

soleymanim@ripi.ir

چکیده

سیالات حفاری نقش مهمی در دستیابی به مخازن هیدروکربنی با استفاده از عملیات حفاری دارند. در عملیات حفاری پاک‌سازی ضعیف فضای حلقوی چاه یکی از نگرانی‌های اصلی صنعت نفت و گاز می‌باشد. این امر می‌تواند موجب مشکلات پرهزینه‌ای مانند گیر کردن لوله‌ها و رشته‌های حفاری، کاهش سرعت حفاری، افزایش گشتاوری و نیروی کششی، کاهش کنترل دانسیته و تضعیف عملیات سیمانکاری شود.

در این مطالعه، توان پاکسازی و ظرفیت بالا بری سیالات حفاری پایه آبی همراه با افزودنی نانو لوله‌های کربنی چند دیواره بررسی شده است. پارامترهای میزان مصرف نانو لوله کربنی چند دیواره، اندازه کنده‌ها و تاثیر سرعت گل در چاه بر روی ظرفیت انتقال کنده‌ها بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که حمل کنده‌ها با افزایش میزان نانو لوله کربنی چند دیواره در سیال حفاری افزایش می‌یابد. نانو لوله کربنی چند دیواره همراه با گل پایه آبی به عنوان عامل پایداری گل، زمانیکه نیروهای سطحی با نیروهای جاذبه به تعادل می‌رسند و باعث انتقال کنده‌های حفاری می‌شوند، عمل می‌کند و با افزایش نیروی کششی، انتقال کنده‌های حفاری به سطح نیز سریعتر و آسانتر می‌گردد. همچنین با افزایش گرانروی سیال حفاری با افزایه نانو لوله کربنی چند دیواره، ظرفیت حمل سیال حفاری افزایش می‌یابد. برای کنده‌ها با سایز کوچک و متوسط، بهبود نسبی در مقایسه با کنده‌ها با سایز بزرگتر مشاهده می‌گردد. این اثر با افزایش سرعت در فضای حلقوی چاه افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: نانو سیالات حفاری، نانو لوله‌های کربنی، ظرفیت حمل ذرات، گرانروی، کنده‌های حفاری

۱- مقدمه

یکی از وظایف بسیار مهم سیالات حفاری، حمل کنده‌ها به سطح از فضای حلقوی (ظرفیت حمل یا قدرت فرازآوری) چاه می‌باشد. ظرفیت حمل بستگی به، خصوصیات رئولوژیکی، سرعت و نرخ جریان سیال، سرعت ته‌نشینی جامدات، اندازه، توزیع و پخش مواد آنها (تحت تاثیر از ژئومتری، جهت‌گیری و غلظت)، سرعت چرخش، میزان انحراف فضای حلقوی چاه، مته حفاری، موقعیت رشته حفاری در فضای چاه و ژئومتری جریان دارد [۱]. در چاه‌های عمودی و انحرافی، حمل و انتقال کنده‌ها یکی از مشکلات اصلی بوده که بر روی عملیات حفاری تاثیرگذار است. از جمله مشکلات موجود، ته نشینی کنده‌های حفاری در پایین فضای چاه ناشی از نیروهای جاذبه است. پاکسازی نامناسب چاه‌ها معمولا منجر به مشکلات پر هزینه‌ای در عملیات حفاری می‌گردد.

برای حل این مشکلات، انواع عملیات پرهزینه مانند پمپ کردن خارج از چاه، شستشو و حفاری مجدد[1] استفاده می‌شود. آزمایشگاه تخصصی نفت در دانشگاه شاندانگ[2] چین بر روی یک سیال ویژه مرکب از نانو مواد و پودر با دانه‌های بسیار ریز که به طور قابل توجهی سرعت حفاری را بهبود می‌بخشند کار نموده‌اند[۲]. نانو مواد، خواص رئولوژیکی، مکانیکی، حرارتی و نوری و بصری[3] را بهبود می‌بخشند. ترکیب‌هایی از مواد در اندازه نانو میزان پایداری در برابر ته نشینی و رسوب را افزایش می‌دهند.

آزمایشات اخیر نشان داده‌اند که نانو سیال، خواص جالبی برای کاربرد در انتقال حرارت، کاهش اصطکاک و نیروی کششی، توانایی استحکام و یکپارچه‌سازی ماسه سنگ‌های سست، ایجاد ژل، تغییر خاصیت ترشوندگی و کنترل خوردگی ایفا می‌نمایند [۳]. ابوذر و همکارانش در سال ۲۰۰۸ نشان دادند که نانو ذرات کربن سیاه در گل حفاری، موجب تشکیل اندود صافی یکپارچه و با پیوستگی بیشتری می‌شود بنابراین میزان صافاب و ضخامت اندود گل کاهش می‌یابد [۴].

در این تحقیق هدف، استفاده از نانو لوله کربنی لایه‌ای[4] به عنوان یک افزودنی برای گل پایه آبی جهت بهبود قدرت پاکسازی و حمل کنده‌ها می‌باشد. در بررسی ظرفیت و قدرت انتقال کنده‌های حفاری توسط سیالات چهار نیروی زیر باید مد نظر گرفته شود:

۱- نیروی جاذبه که رو به پایین اثر کرده و منجر به ته نشین شدن کنده‌های حفاری می‌شود(w).

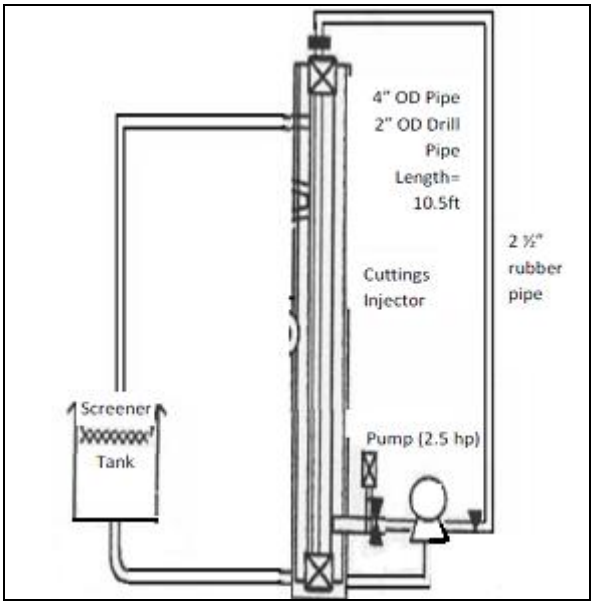
۲- نیروی شناوری رو به بالا منجر به غوطه‌ور شدن کنده‌ها در گل می‌شود (B).

۳- نیروی اصطکاک، موازی جهت جریان گل که منجر به حرکت آن در اطراف کنده‌های حفاری می‌شود (Fd).

۴- نیرو بالا برنده عمود بر جهت جریان گل نیز وجود دارد.

مطالعات انجام گرفته نشان می‌دهند که نانو سیال تمایل به افزایش نیروی کششی اعمال شده دارد [۵]. شیفرمن و همکاران از سیالات مختلف و ذرات برای مطالعه انتقال کنده‌ها از یک لوله پلاستیکی شفاف و کاملا عمودی استفاده کرده‌اند. آنها دریافتند که خواص رئولوژیکی سیال و سرعت جریان در فضای حلقوی نقش اساسی در انتقال کنده‌ها، زمانیکه اثر سایر کمیتها ناچیز یا متوسط می‌باشد، داشته است [۶].

1back reaming
2Shandong
3 optical
4 MWNT



شکل۱- نمایی از دکل حفاری آزمایشگاهی

۲- نانو لوله‌های کربنی چند دیواره

نانو سیالات، سیالاتی شامل ذرات بسیار ریزی از مواد نانو در اندازه ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است که به صورت سوسپانسیون یکنواخت و پایدار در مایع است. نانو لوله کربنی چند دیواره یک توده فشرده از صفحات گرافن[1] در داخل استوانه‌های هم مرکز هستند. فاصله میان دیواره صفحات گرافنی ریز در نانو لوله کربنی چند دیواره در حدود ۰/۳۴ نانومتر است که مشابه فاصله بین صفحه‌ای در گرافیت است. ضخامت نانو لوله کربنی چند دیواره در محدوده کمتر از ۱۰ نانومتر و طول آن می‌تواند از میکرومتر تا میلی‌متر با دانسیته ۲/۶ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد. در این مطالعه نانو لوله کربنی چند دیواره که به وسیله‌ی رسوب‌گیری بخار شیمیایی کاتالیزوری[2] تولید شده است، و سیستم رسوب‌گیری شیمیایی، بهبود دهنده پلاسمایی[3] به عنوان یک افزودنی به کار برده است. در روش رسوب‌گیری بخار شیمیایی کاتالیزوری، مواد کاتالیزور مانند نیکل، کبالت و آهن بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد (معمولا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد) گرم شده‌اند و در معرض گازهای هیدروکربوری که در امتداد ناحیه واکنش جریان دارند، قرار گرفته‌اند. تجزیه گاز در سطح کاتالیزور داغ صورت گرفته و رسوب کربن در تیغه‌های فلزی اشباع شده منجر به تشکیل ساختار کربنی لوله‌ای به فرم نانو لوله شده است. تولید نانو لوله کربنی چند دیواره با استفاده از منبع گازی تامین کننده کربن تحت حمایت کاتالیزورها امکانپذیر است و با اکسیژن، آلومینیوم، سیلیکات و نیکل ترکیب شده است [۷].

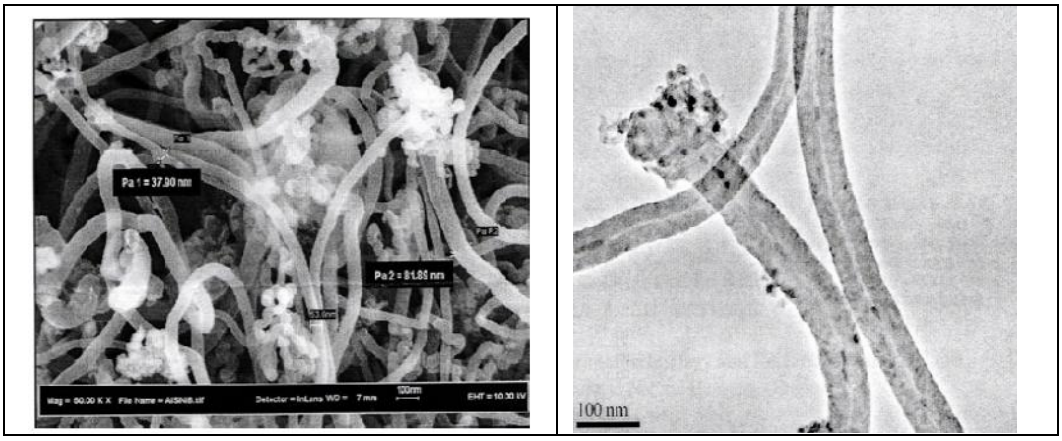
بهبود دهنده پلاسمایی روش رسوب‌گیری بخار شیمیایی[4] اجازه یک جایگزینی در دمای پایین‌تر، بر روی ورقه نازک سیلیکونی[5] برای رشد نانو لوله‌های کربنی[6] را می‌دهد. عملیات در دمای پایین زمانیکه تجزیه پیش ماده بوسیله الکترون‌ها با انرژی زیاد و یا در پلاسما سرد صورت می گیرد، امکانپذیر است. شکل ۲ ساختار تولید نانو لوله کربنی چند دیواره تحت میکروسکوپ FE-SEM و TEM نشان می‌دهد [۸]. نانو لوله کربنی چند دیواره قطری حدود ۸ تا ۴۰ نانو متر و طولی بزرگتر

1 Graphene
2 Catalytic chemical vapor deposition (CCVD)
3 DC Plasma enhanced chemical vapour deposition system (PECVD)
4 chemical vapor deposition (CVD)
5 wafer
6 CNTs

از ۲۰۰ میکرومتر را دارا می‌باشد. وقتیکه مواد نانو در ماده پایه پراکنده می‌شوند، خاصیت هدایت گرمایی و شرایط ویسکوزیته را به ترتیب تغییر می‌دهند.

۳- مراحل انجام آزمایش

شکل ۱ بعنوان نمونه دستگاه گردش سیال حفاری در مقیاس آزمایشگاهی، شامل لوله شفاف (شبیه فضای حلقوی چاه) به طول اسمی ۱۴/۵ فوت و قطر خارجی ۴ اینچ (۱۰/۱۶ cm) و قطر داخلی ۳/۵۷ اینچ (۹/۰۷ سانتی‌متر) و یک لوله حفاری داخلی با قطر خارجی ۲ اینچ می‌باشد. سیال حفاری پایه آبی توسط یک پمپ با قدرت ۲/۵ اسب بخار به داخل فضای چاه تزریق شده است. ماسه با اندازه‌های مختلف ۲، ۲/۸ و ۴/۸ اینچ و دانسیته ۲۰/۶ lb/ft^3 به عنوان کنده در این تست مورد استفاده قرارگرفته است. به منظور مطالعه آزمایشگاهی، انتقال کنده‌های حفاری، توسط سیالات حفاری پایه آبی با دانسیته ۱۰lb/gal و با مقادیر مختلفی از نانو لوله‌های کربنی چند دیواره در سرعتهای جریانی ۲۹/۲ ft/min تا ۱۰۲/۱ صورت گرفته است.



شکل ۲- تصاویر میکروسکوپی از نانو لوله‌های کربنی چند دیواره

نرخ و سرعت جریان بوسیله شیری در جلوی پمپ کنترل می‌شود. کنده‌ها باید وزن شده و قبل از تزریق به فضای چاه، بر حسب اندازه جداسازی گردند. زمان لازم جهت انتقال کنده‌ها از ته چاه به سطح توسط کرنومتر اندازه‌گیری شده است. مراحل زیر جهت تنظیم دستگاه و انجام آزمایش صورت گرفته است:

۱- آماده سازی گل پایه آبی جهت چرخش در دستگاه مدل آزمایشگاهی در دمای اتاق برای جلوگیری از هر گونه نشتی احتمالی

۲- تنظیم آهسته دستگاه مدل آزمایشگاهی در موقعیت عمودی

۳- آماده‌سازی کنده‌ها (قبل از هر مرحله، کنده‌ها جداسازی شده، شسته و خشک گردیده‌اند)

۴- آماده سازی گل پایه آبی با مقادیر مختلف نانو لوله کربنی چند دیواره به عنوان افزاینده

۵- پمپ کردن گل به داخل فضای چاه از یک مخزن

۶- کنترل سرعت جریان، با استفاده از شیر اول پمپ، جریان ثابتی به داخل فضای چاه فرستاده شده و سطح گل در تانک ثابت نگه داشته شده است.

۷- تنظیم سرعت جریان در ۱۰ گالن بر دقیقه، پس از آنکه سرعت جریان ثابت شد، شیر دوم باز شده و کنده‌ها از مخزن مربوطه به داخل فضای حلقوی چاه تزریق گردیده است.

۸- بعد ازاتمام تزریق تمام کنده‌ها، میزان بازیافت کنده‌ها پس از ۱ دقیقه از شروع جریان در روی الک اندازه‌گیری شده است.

۹- کنده‌ها ی جمع‌آوری شده شسته، خشک و وزن گردیده اند.

۱۰- تمام کنده‌ها از فضای حلقوی خارج شده اند.

۱۱- مراحل ۳ تا ۶ با سرعت های مختلف جریان ۲۵ و۳۵ گالن بر دقیقه تکرار شده و سپس اندازه کنده‌ها تغییر داده شده است.

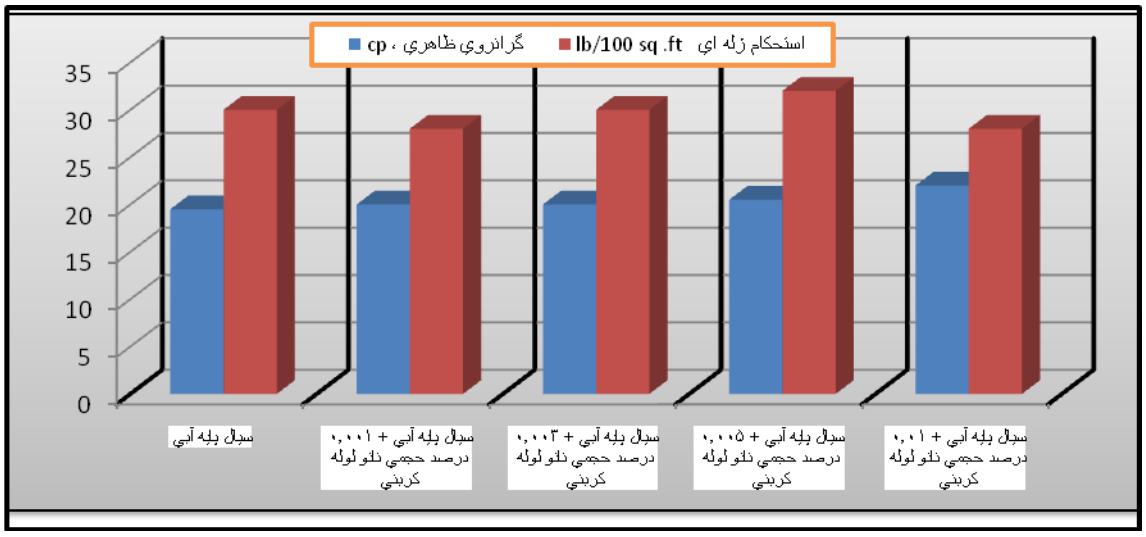
۱۲- تکرار مراحل ۵ تا ۱۱ با ترکیبات مختلف سیالات انجام شده است.

۴- بحث و نتیجه گیری

خواص گل پایه آبی: خواص گل طبق دستورالعمل API سال ۲۰۰۹ آزمایش شده و در جدول ۱ نشان داده شده است(۹).

جدول ۱- خواص رئولوژیکی سیال حفاری با نانو لوله‌های کربنی مختلف

ردیف	ترکیب سیال حفاری	گرانروی در ۶۰۰ (cp)	گرانروی ظاهری (cp)	استحکام ژله‌ای (gr)
۱	سیال پایه آبی	۳۰	۱۹.۵	۳۰ (۵۱)
۲	سیال پایه آبی + ۰.۰۰۱ درصد حجمی نانو لوله کربنی	۴۰	۲۰	۲۸ (۳۶)
۳	سیال پایه آبی + ۰.۰۰۳ درصد حجمی نانو لوله کربنی	۴۰	۲۰	۳۰ (۳۰)
۴	سیال پایه آبی + ۰.۰۰۵ درصد حجمی نانو لوله کربنی	۴۱	۲۰/۵	۳۲ (۴۵)
۵	سیال پایه آبی + ۰.۰۱ درصد حجمی نانو لوله کربنی	۴۴	۲۲	۲۸ (۴۵)



شکل ۴- نمودار تاثیر میزان نانو لوله کربنی بر خواص رئولوژیکی سیال حفاری

همانگونه که در نمودارهای شکل ۴ و جدول ۱ مشاهده می‌شود، گرانروی ظاهری گل پایه آبی با افزایش میزان نانو لوله کربنی چند دیواره افزایش یافته و در مقابل استحکام ژله‌ای تا ۰/۰۰۵ درصد حجمی، افزایش یافته و سپس با مصرف بیشتر، سیر نزولی پیدا کرده است.

- **سرعت سقوط کنده‌ها**

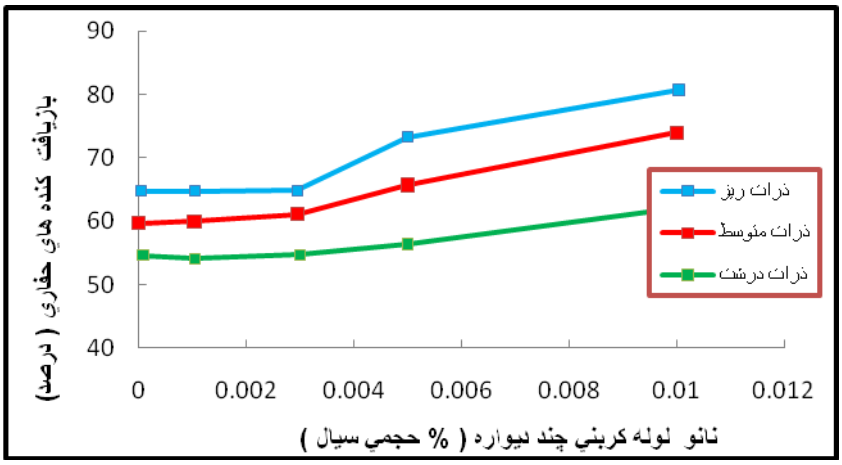
جدول ۲ نتایج سرعت لغزشی کنده‌ها در ترکیبات مختلف گل پایه آبی را نشان می‌دهد. طبق جدول افزایش سرعت لغزشی با افزایش سایز مشاهده می‌شود، اما افزایش میزان نانو لوله کربنی چند دیواره باعث کاهش میزان سرعت لغزشی می‌شود. به علت اینکه با اضافه کردن نانو لوله کربنی چند دیواره به سیستم گل، ویسکوزیته افزایش می‌یابد.

جدول ۲- خواص و سرعت سقوط کنده‌های حفاری

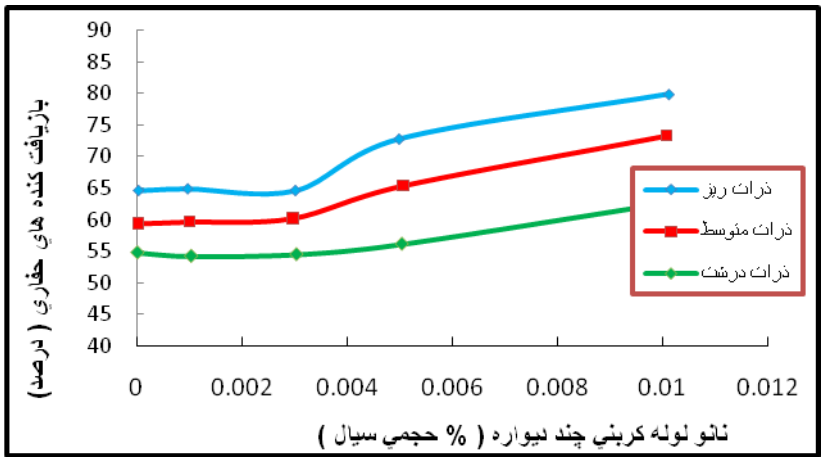
ردیف	اندازه کنده‌ها	قطر(mm)	سرعت سقوط(ft/min)				
			٪۰/۰۰	٪ ۰/۰۰۱	٪ ۰/۰۰۳	٪ ۰/۰۰۵	٪۰/۰۱
۱	ریز	۲	۹/۱۲	۹/۰۴	۹/۰۴	۸/۹۷	۸/۷۶
۲	متوسط	۲/۸	۱۲/۷۷	۱۲/۶۷	۱۲/۶۷	۱۲/۵۶	۱۲/۲۷
۳	درشت	۴/۸	۲۱/۹۱	۲۱/۷۲	۲۱/۷۲	۲۱/۵۴	۲۱/۰۴

- **اثر نانو لوله کربنی چند دیواره بر ظرفیت انتقال کنده‌ها**

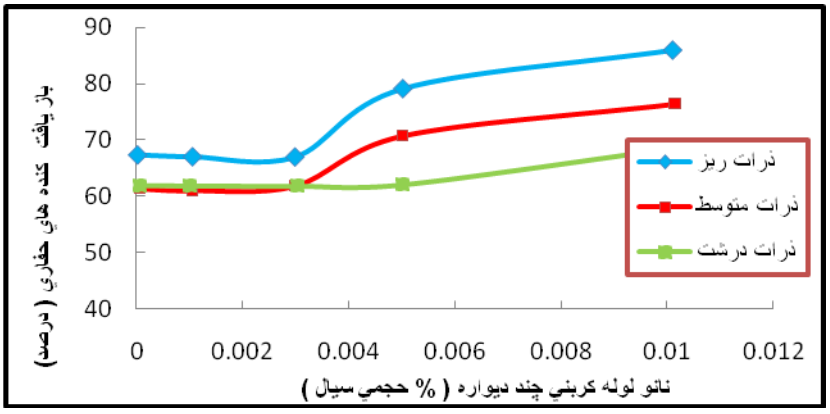
شکل ۵ تا ۷ اثر نانو لوله کربنی چند دیواره را بر ظرفیت بالابری گل پایه آبی برای سرعت‌های مختلف جریان نشان می‌دهند. درصد بازیافت کنده‌ها، نشان‌دهنده توانایی گل برای انتقال کنده‌ها، از ته چاه به سمت سطح می‌باشد. مطابق نمودارها، با افزایش میزان نانو لوله کربنی چند دیواره در گل پایه آبی، بازیافت کنده‌ها یا ظرفیت بالابری نیز افزایش می‌یابد. برای مقادیر کمتر نانو لوله کربنی چند دیواره (۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۳ درصد حجمی)، نتایج چندان قابل مشاهده نمی‌باشد اما برای مقادیر بیشتر، نتایج به طور مشهودی افزایش می‌یابد. برای مثال بازیافت کنده‌ها در حدود ۵ تا ۱۵ ٪ وقتیکه ۰/۰۰۵٪ حجمی نانو لوله کربنی چند دیواره به گل پایه آبی اضافه می‌گردد افزایش یافته است که وابسته به اندازه کنده‌ها و سرعت در فضای چاه است برای ۰/۰۱٪ حجمی نانو لوله کربنی چند دیواره، بازیافت کنده‌ها در محدوده ۵ تا ۲۱٪ افزایش می‌یابد. بهبود ظرفیت انتقال کنده‌ها برای کنده‌های ریز در مقایسه با اندازه درشت قابل توجه است. با اضافه کردن نانو لوله کربنی چند دیواره خواص رئولوژیکی گل بهبود می‌یابد. مواد نانو می‌توانند پایداری را زمانی‌که نیروهای سطحی با نیروهای جاذبه در تعادل هستند را افزایش دهند. وقتی‌که نیروی رو به پایین کاهش می‌یابد، کنده‌ها پتانسیل کمتری برای ته نشین شدن در ته چاه را دارا می‌باشند بنابراین تحت این شرایط، کنده‌ها می‌توانند به راحتی به سطح منتقل شوند.



شکل ۵- اثر نانو لوله‌های کربنی چند دیواره بر بازیافت کنده‌های حفاری در نرخ جریان ۱۰ گالن بر دقیقه



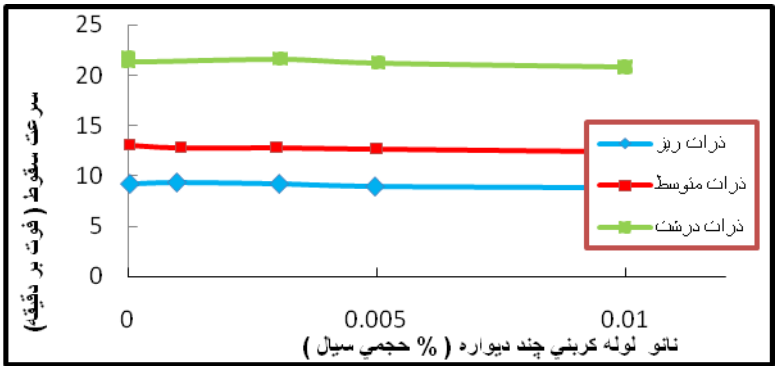
شکل ۶- اثر نانو لوله‌های کربنی چند دیواره بر بازیافت کنده‌های حفاری در نرخ جریان ۲۵ گالن بر دقیقه



شکل ۷- اثر نانو لوله‌های کربنی چند دیواره بر بازیافت کنده‌های حفاری در نرخ جریان ۳۵ گالن بر دقیقه

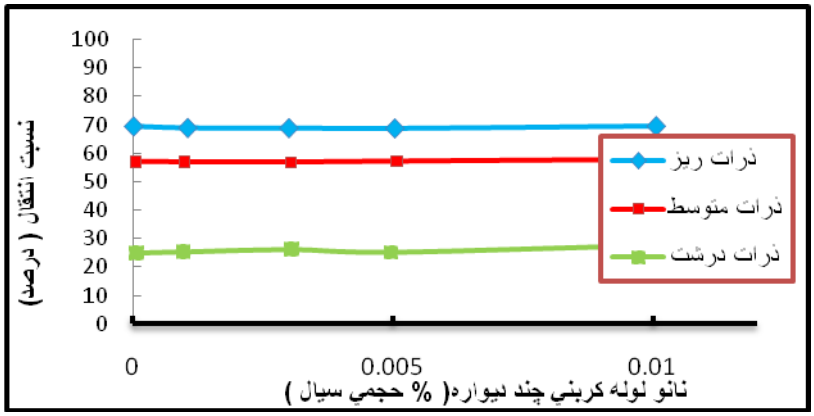
- **تاثیر گرانروی و استحکام ژله‌ای نانو سیال بر روی ظرفیت پاکسازی فضای حلقوی**

در حالت کلی، قدرت ژلی بالای گل سبب افزایش ویسکوزیته نیز می‌گردد. اما این مساله همیشه درست نمی‌باشد زیرا ویسکوزیته بالا می‌تواند وقتی مواد رسی در گل به میزان زیادی پراکنده شده باشند، نیز ایجاد گردد. برای این مطالعه، اضافه کردن نانو لوله کربنی چند دیواره به گل پایه آبی بر روی ویسکوزیته و قدرت ژلی تاثیر گذار است (جدول ۱). مواد نانو منحصربفرد می‌توانند به عنوان عاملی برای پایداری ویسکوزیته سیال جهت بهبود ظرفیت بالابری عمل نمایند. شکل ۸ رابطه میان سرعت سقوط و درصد مواد نانو لوله کربنی چند دیواره مورد استفاده را نشان می‌دهد.

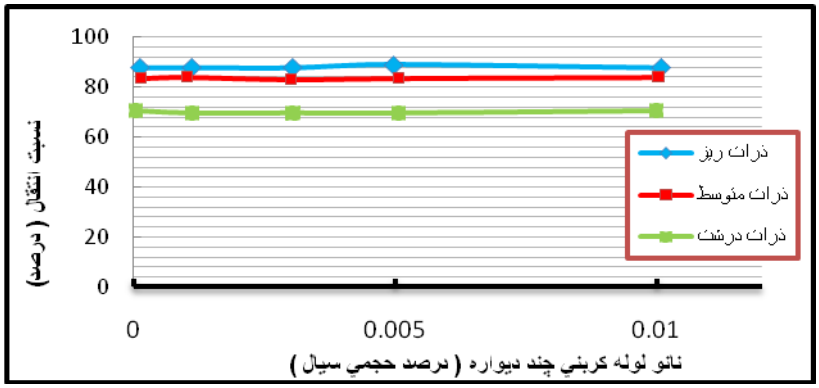


شکل ۸- اثر نانو لوله‌های کربنی چند دیواره بر سرعت سقوط کنده‌های حفاری

از نظر تئوری، سرعت لغزشی نسبت عکس با ویسکوزیته سیال در جریان آرام دارد با افزایش ویسکوزیته سیال، سرعت لغزشی کاهش می‌یابد. بنابراین به عنوان نتیجه، نسبت انتقال برای کنده‌های بازیافتی در غربال‌گری همانگونه که در شکل های ۹ تا ۱۱ مشاهده می‌شود، افزایش می‌یابد.



شکل ۹- اثر نانو لوله‌های کربنی چند دیواره بر انتقال کنده‌های حفاری در نرخ جریان ۱۰ گالن بر دقیقه



شکل ۱۰- اثر نانو لوله‌های کربنی چند دیواره بر انتقال کنده‌های حفاری در نرخ جریان ۲۵ گالن بر دقیقه

شکل ۱۱– اثر نانو لوله‌های کربنی چند دیواره بر انتقال کنده‌های حفاری در نرخ جریان ۳۵ گالن بر دقیقه

شکل ۸ نشان می‌دهد که سرعت سقوط در سه اندازه مختلف کنده‌ها، وقتی که درصد نانو لوله کربنی چند دیواره افزایش می‌یابد، به طور آشکاری کاهش می‌یابد. این رفتار به علت افزایش ویسکوزیته گل پایه آبی با درصد مواد نانو می‌باشد. برای کنده‌های بزرگتر، سرعت لغزشی در مقایسه با سایز متوسط و کوچکتر بیشتر است. با ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۳٪ حجمی نانو لوله کربنی چند دیواره مورد استفاده، ویسکوزیته گل پایه آبی ۴۰cp می‌باشد؛ اما با ۰/۰۰۵ و ۰/۰۱٪ حجمی، ویسکوزیته گل پایه آبی به ترتیب به ۴۱ و ۴۴ cp افزایش می‌یابد.

- **تاثیر اندازه کنده‌ها بر روی ظرفیت انتقال کنده‌های حفاری:**

شکل ۱۲، اثر اندازه کنده‌ها بر روی بازیافت آنها با حضور نانو لوله کربنی چند دیواره در گل حفاری را نشان می‌دهد.

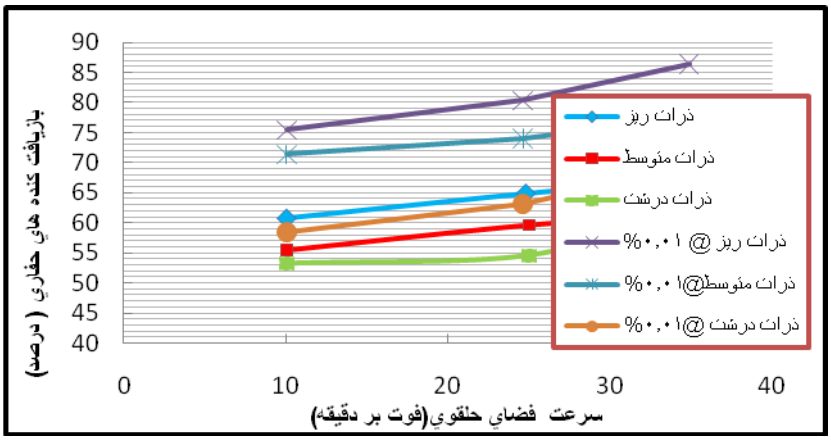
شکل ۱۲– تاثیر اندازه ذرات نانو لوله‌های کربنی چند دیواره بر بازیافت کنده‌های حفاری در سرعت جریان مختلف

نتایج در جدول ۲ نشان می‌دهند که با افزایش درصد نانو لوله کربنی چند دیواره، ظرفیت بالابری کنده‌های کوچک بهبود یافته است. برای کنده‌ها با سایز متوسط و بزرگ، در سه سرعت مختلف سیال در فضای چاه، کمترین اثر بر روی بازیافت کنده‌های بزرگتر مشاهده شده است. به علت سرعت لغزشی بیشتر کنده‌های بزرگ در مقایسه با کنده‌های متوسط و کوچک، تمایل کنده‌ها برای ته‌نشین شدن در انتهای فضای چاه افزایش یافته است. از طرفی بازیافت در کنده‌های متوسط و کوچک با درصد

پایینی از نانو لوله کربنی چند دیواره (۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۳٪ حجمی) تغییر قابل توجهی مشاهده نشده است اما در ۰/۰۰۵ و ۰/۰۱٪ حجمی نانو لوله کربنی چند دیواره، بهبود میزان بازیافت کنده‌ها مشهود بوده است. برای کنده‌های کوچک، در ۰/۰۰۵٪ حجمی نانو لوله کربنی چند دیواره، میزان بازیافت ۸/۶٪ نسبت به میزان اولیه ۶۱/۶ و در ۰/۰۱٪ حجمی نانو لوله کربنی چند دیواره ۵/۲ ٪ نسبت به میزان اولیه ۷۰/۲ افزایش یافته است و برای کنده‌های متوسط، بازیافت کنده‌ها ۶/۵٪ نسبت به میزان اولیه ۵۵/۸، در ۰/۰۰۵٪ حجمی نانو لوله کربنی چند دیواره و ۹٪ نسبت به میزان اولیه ۶۱/۳٪ در ۰/۰۱٪ حجمی نانو لوله کربنی چند دیواره افزایش مشاهده شده است.

- **اثر سرعت در فضای حلقوی چاه بر روی ظرفیت بالابری:**

شکل ۵، بازیافت کنده‌ها برای سرعتهای مختلف فضای حلقوی چاه را نشان می‌دهد. به طور کلی بازیافت کنده‌ها با افزایش سرعت در فضای چاه تحت شرایط سرعت آرام، افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج اثر سرعت در فضای چاه، در گل همراه با مواد نانو مشهود نبوده است. با توجه به شکل ۱۳ برای ۰/۰۱ از حجم نانو لوله کربنی چند دیواره مورد استفاده در گل، افزایش در سرعت، سبب افزایش در میزان کنده‌های حفاری شده است. زمانیکه سرعت ۱۰ الی ۲۵ gpm افزایش یافته، درصد بازیافت کنده‌ها نیز در حدود ۵٪ (۷۵/۴ به ۸۰٪) و ۶٪ در ۳۵ gpm افزایش یافته است. بدون نانو لوله کربنی چند دیواره در گل، بازیافت کنده‌های کوچک در ۱۰، ۲۵، ۳۵ gpm، به ترتیب ۶۰/۷، ۶۴/۲ و ۶۷/۲٪ بوده است. رفتار مشابه‌ای برای کنده‌ها با سایز متوسط و بزرگ مشاهده شده است. برای کنده‌های بزرگتر همراه با نانو لوله کربنی چند دیواره موجود در گل، درصد بازیافت کنده‌ها از ۵ به ۶٪ زمانیکه ریت جریان از ۱۰ به ۲۵ gpm و از ۲۵ به ۳۵ gpm تغییر کرده است، افزایش یافته است. بدون نانو لوله کربنی چند دیواره در گل افزایش به ترتیب ۲ و ۵٪ بوده است.



شکل ۱۳- تاثیر سرعت فضای حلقوی بر حضور نانو لوله کربنی در بازیافت کنده‌های حفاری

۵- نتایج

۱- توان پاک‌سازی و ظرفیت بالابری سیالات حفاری پایه آبی همراه با افزودنی نانو لوله‌های کربنی چند دیواره بهبود می‌یابد. این امر وابسته به اندازه کنده‌ها، سرعت در فضای حلقوی چاه و نرخ جریان می‌باشد.

۲- زمانی‌که درصد نانو لوله کربنی چند دیواره در گل افزایش یافته، ویسکوزیته گل پایه آبی نیز افزایش می‌یابد. بنابراین ظرفیت پاکسازی چاه و انتقال کنده‌ها به سطح نیز افزایش می‌یابد. پخش نانو لوله کربنی در سیال پایه آبی

ناشی از جذب شدن آب درون نانو ذره و کلوخه‌ای شدن و چسبندگی آن می‌باشد که این پدیده سبب افزایش گرانروی سیستم خواهد شد.

۳- معمولا توان و قدرت بالا بری سیال حفاری در حالت کلی (چه در سیال ذرات نانو استفاده شده باشد یا نه) با افزایش سرعت آن در فضای حلقوی چاه افزایش می‌یابد.

منابع

1. Soleymani .M (2011). Laboratory Feasibility study on Effect of Multiwall Carbon Nanotubes on rheological properties of Water base drilling fluid. RIPI Project Report

2. Saeid M, Mariela AF, Rafiqul IM (2006). Applications of Nanotechnology in Oil & Gas E&P. Journal of Petroleum Technology, 58 (JPT online).

3. Phuoc X, Tran R, Gupta LW (2007). Nanofluids for Use as Ultra Deep Drilling Fluids. R&D Facts National Energy Technology Laboratory.

4. Abouzar MP, Bandar DA (2008). Using Nanoparticles to Decrease Differential Pipe Sticking and Its Feasibility in Iranian Oil Fields. Oil and Gas Business.

5. Tianping H, James BC (2007). Nanotechnology Applications in Viscoelastic-Surfactant Stimulation Fluids. European Formation Damage Conference. 30 May-1. Scheveningen, Nether lands: SPE paper 107728, 1-7.

6. Sifferman TR, George NM, Elera DH, Harry AW (1973). Drill Cutting Transport in Full Scale Vertical Annuli. 48th Annual Full Meeting of the Society of Petroleum Engineers of AIME. Sept. 30 – Oct. 3. Las Vegas: SPE Pap. 4514: 1295-1302.

7. Yusran S, Buang NA, Sanip S, Ismail AF (2004) Production of Nano-Carbon Using Arc Discharge in Liquid Nitrogen. In H. Saidi, M.M.Nasef & Inayati eds. Advanced in Fuel Cell Research &Development in Malaysia, pp.195-201

8. Tee JC, Goh PS (2008). As Grown Multi-Walled Carbon Nano tubes. Advanced embrace Technology & Research Centre. University Technology Malaysia.

9. American Petroleum Institute (2009). Recommended Practice for Field Testing Water-based Drilling Fluids. 4th. American Petroleum Institute Dojin K (2004). Multiwall Carbon Nanotubes. In H.S. Nalwa Ed.

Effect of multi-walled carbon nanotubes to improve hydrocarbon wells annular clearance space

Mohammad Soleimani & Saeide Raeiat Doost

Abstract

Proper drilling fluids has vital role for achieving to hydrocarbon reservoirs by using Drilling operation. Some important problems such as friction, stuck pipe, slow drilling rate, high torque and drag, lost of materials, density variation of mud can be happened due of poor hole annulus and cuttings down falling that induce expensive drilling. Various drilling fluids have been widely used in the wells drilling to improve lifting capacity of drilled cuttings. In this paper, the experimental results have been studied that conducted on effect of Multiwall Carbon Nano tubes (MWNTs) as additives for lifting capacity of water based mud.

The effect of Useful parameters such as amount of MWNTs used, cutting size and mud annular velocity on the drilling fluid cleaning capacity have been studied. The results show that lifted cuttings increase as the amount of MWNTs added increases. MWNTs associated with water based mud displays the stability against base mud since surface forces easily balance the gravity force and attached to drilled cuttings, resulting in increase of drag force acts to drilled cuttings and easily lifted cuttings to the surface. The MWNTs also will improve viscosity which will significantly increase carrying capacity of the mud. For small and medium cuttings, the improvement relatively simplified compare to the big cuttings. The impact will significantly increase as the annular velocity increase.

Key words: Drilling Fluids, Mud lifting capacity, Drilling additives, drilled cuttings, viscosity.