Archive of SID

نهمین همایش پژوهش های نوین در علوم و فناوری
تابستان ۱۳۹۶
Summer 2017
Conference on Recent Research in Science and Technology

بهبود خواص رئولوژی سیال حفاری پایه آبی به وسیله نانوگرافیت

رسول رستمی[۱]، آرش ابراهیم‌آبادی [۲]، امیرحسین سعیدی دهاقانی [۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی
Rasoolrostami۷۶@yahoo.com

[۲]استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم‌شهر
Arash.xer@gmail.com

[۳]استادیار گروه مهندسی نفت، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس
asaeedi@modares.ac.ir

چکیده

سیال حفاری در انواع پایه گازی، پایه روغنی و پایه آبی وجود دارد. به علت محدودیت‌های استفاده از انواع گل پایه گازی و پایه روغنی و با توجه به خصوصیات گل‌های پایه آبی از جمله سازگاری آن‌ها با محیط زیست و آسان بودن کار با آن‌ها، این نوع گل‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار هستند.

در این تحقیق، اثر حضور نانوذرات جهت بهبود بخشیدن خواص رئولوژیکی و کنترل کردن صافاب در سیال‌پایه آبی حاوی مخلوط بیوپلیمر و سورفکتانت، به‌وسیله انجام دادن آزمایشات مختلف توسط دستگاه‌های ویسکومتر، فیلترپرس استاندارد و فیلتر پرس در دما و فشار بالا مشاهده و بررسی گردیده است. هم‌چنین جهت مقایسه نمودن نتایج حاصل از به‌کارگیری نانوذرات و پی بردن به تأثیر حضور آن‌ها، در انجام آزمایشات از یک افزایه استاندارد کنترل کننده صافاب به عنوان شاهد استفاده گردید. پس از بررسی نمودن داده‌های حاصل از انجام آزمایشات، مشخص شد که مخلوط حاصل از بیوپلیمر و سورفکتانت، از نظر خواص رئولوژیکی و خواص کنترل کننده هرزروی و صافاب نسبت به سیالی که فقط بر پایه پلیمر یا فقط بر پایه سورفکتانت است، عملکرد بهتری دارد. هم‌چنین مشاهده شد که نانوذرات می‌توانند نقش مهمی را در کاهش دادن میزان هرزروی سیال و کنترل صافاب ایفا کنند.

کلمات کلیدی: سیال حفاری، نانوذرات گرافیت، خواص رئولوژیکی، هرزروی سیال

۱. مقدمه

از زمان اولین استفاده از سیالات حفاری در چاه‌های اکتشافی و توسعه‌ای تاکنون، این فناوری دستخوش تغییر و تحولات بسیاری شده است. امروزه شرکت‌های سازنده مواد و افزایه‌های حفاری توانسته‌اند مواد شیمیایی بهتر و جدیدتری را برای بالا بردن کیفیت سیال‌های حفاری عرضه کنند و به وسایلی دقیق تر برای آزمایش‌های سیال های حفاری دست یابند. سیال‌های حفاری را باید مهم‌ترین عامل در استخراج نفت و گاز به شمار آورد، زیرا بدون آن‌ها حفاری و در نهایت استخراج مواد هیدروکربنی ممکن نخواهد بود. سیال حفاری در عملیات حفاری وظایف مهمی دارد. بنابراین وجود خواصی معین و مطلوب در این سیال ضروری است. در مراحل مختلف حفاری ممکن است این خواص تحت تاثیر عوامل تحت الارضی تغییر کنند و کیفیت آن‌ها کاهش یابد. بنابراین تحقیقات و مطالعات علمی و عملی باید برای کنترل صحیح خواص رئولوژیکی گل و کاهش اثرات

www.SID.ir

Archive of SID

عوامل تحت الارضی انجام شوند. نقش سیال‌های حفاری در کیفیت و سرعت حفاری بر کسی پوشیده نیست و از آن جایی که هرگونه خلل در سیال حفاری مستقیماً بر فرآیند حفاری موثر است، حفظ و بهبود خواص سیال و ایجاد وضعیتی مناسب برای آن باعث بالا رفتن بازدهی حفاری خواهد شد[۱-۲]

از آن‌جا که به حداقل رساندن آسیب‌های وارده به سازند همیشه در اولویت متخصصان صنعت حفاری بوده است نیاز دست یافتن به سیالات جدید به وضوح احساس می‌شود .افزایش دادن سرعت حفاری نیاز به سیالی دارد که در سرعت های برشی و حرارتی زیاد از کمترین گرانروی و در فضای حلقوی از گرانروی بهینه برخوردار باشد تا بتواند کنده‌های حفاری را به بیرون چاه هدایت نموده و هنگام توقف عملیات، با حفظ گرانروی از ریزش کنده‌ها به ته چاه جلوگیری نماید. هم‌چنین گل حفاری ایده‌آل می‌بایست در برابر آلودگی‌های مختلف پایدار باشد[۳].

فناوری نانو، واژه‌ای است جامع که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو اطلاق می‌شود .معمولاً منظور از مقیاس نانو، ذرات با ابعادی در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد. اولین پیشرفت در فناوری نانو در سال ۱۹۵۹ ایجاد شد. هنگامی که عملیات حفاری متوقف است، گل می‌بایست حالت ژلاتینی داشته باشد و مانع از ته‌نشین شدن کنده‌های حفاری و گیر کردن ابزارآلات در درون چاه شود و در عین حال گل حفاری باید به گونه‌ای باشد که با کم‌ترین تنش اعمالی از حالت ژلاتینی به حالت روان در آید و مجدداً خاصیت تیکسوتروپیک خود را نشان دهد. برای تأمین این خاصیت، نانو ذرات می‌توانند به کار برده شوند . از طرفی هرچه ویسکوزیته سیال بالاتر باشد بازدهی عملیات‌های ایجاد شکاف افزایش و اتلاف سیال کاهش می‌یابد. نانو ذرات می‌توانند سبب افزایش دادن ویسکوزیته شوند[۴] کریوز [۱] و هوآنگ [۲](سال ۲۰۱۰)، کشف کردند که سیالات مایسل دار مانند سورفکتانت‌ها، در صورتی که غلظت‌های کمی از نانو ذرات به آن‌ها اضافه شود می‌توانند مشخصات ساختمانی یک سیستم سیال پلیمری را ایجاد نمایند. نانوذرات با اتصالات عرضی کاذب، مایسل‌ها را در وضعیتی مشابه پلیمرهای با اتصالات عرضی امتداد می‌دهند. آن‌ها تحقیقات بسیاری بر روی مشخصات اتصالات عرضی کاذب مایسل‌های دنباله‌دار در سیستم‌های سورفکتانتی انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که نانوذرات در ابتدا با انتهای کلاهک‌ها که از نظر انرژی، نامطلوب هستند متصل می شوند و سپس این بخش‌های ایجاد شده، اتصالاتی برای مایسل‌های دنباله‌دار می شوند، تا مشخصات ساختمانی سیستم را افزایش داده و سبب پایداری دمایی و بهبود دادن ویسکوزیته سیال گردند.

Nada و هکارانش در سال ۲۰۱۶ در یک تحقیق به مقایسه نانو بنتونایت و بنتونایت و برخی دیگر از نانوذرات را با هم مقایسه کرد. نتایج نشان داد که نانو بنتونایت نسبت به نانو تاثیر کمی بربهبود خواص سیال حفاری دارد و دربین نانوذرات دیگر MgOاثر خیلی خوبی بر بهبود خواص سیال حفاری دارد[۵]

Jain و همکارانش در سال ۲۰۱۵ از نانو کامپوزیت‌های رس و پلی‌آکریل آمید به منظور بررسی میزان فیلتراسیون و خواص رئولوژی گل حفاری استفاده کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که استفاده از این نانوکامپوزیت‌ها نسبت به حالت معمول باعث بهبود خواص رئولژی و میزان فیلتراسیون می‌شود، که این نتیجه نشان داد این نانو کامپوزیت‌ها می‌توانند به عنوان یک افزودنی مناسب به سیال حفاری برای لایه‌های شیلی شوند[۶].

Shakib وهمکارانش درسال ۲۰۱۶ ثر نانو مواد مختلف مانند نانو تیتانیوم، نانو اکسید مس، نانو آلومینا، و نانو رس در فیلتراسیون سیال حفاری پایه آبی مورد بررسی قرار دادند. ویسکوزیته ، میزان صافاب و خواص رئولوژی گل حفاری آماده شده مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها مشاهده کردند که نانو رس با غلظت ۶ درصد بهترین عملکرد را در کنترل فیلتراسیون دارد و میزان کاهش فیلتراسیون در حدود ۵ درصد بیشتر از افزودنی‌های معمولی است[۷].

در این تحقیق، سعی گردید با تهیه سیالات پایه پلیمری، پایه سورفکتانتی و ساختن نمونه های مختلف سیال از آن‌ها و به کمک نتایج آزمایشگاهی و رسم گراف‌های مربوطه، اثر حضور نانوذرات گرافیت در سیال پایه آبی حاوی مخلوط بیوپلیمر و سورفکتانت به عنوان افزایه کنترل کننده میزان صافاب و بهبود دهنده خواص رئولوژیکی بررسی گردد.

[۱] Crews
[۲] Huang

www.SID.ir

Archive of SID

۲. تجربی

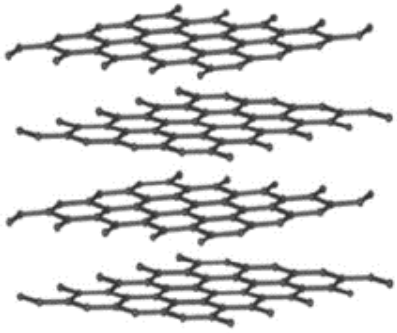
۱،۲.مواد و تجهیزات استفاده شده

۱،۱،۲.مواد استفاده شده

- **گرافیت**

گرافیت ساختار سه بعدی از صفحات اتم‌های کربن با هیبریداسیون SP^2 می باشد. هر اتم کربن به سه اتم دیگر با زاویه ۱۲۰ و طول پیوند ۴۲،۱ آنگستروم پیوند برقرار کرده است. در گرافیت برهم‌کنش بین لایه‌ها، نیروهای ضعیف واندروالاسی می باشد. به دلیل این برهمکنش ضعیف است که ورقه‌های گرافن (یک تک لایه از گرافیت) می‌تواند در سراسر هر لایه روی هم بلغزد و خصوصیت یک روان کننده خوب را به این ماده می‌دهد[۸] . این ترکیب از لایه‌های بسیار زیاد گرافنی ساخته شده است و در طبیعت به وفور و ارزان در دسترس می‌باشد. این آلوتروپ کربن هم به صورت ذاتی در طبیعت و هم به شکل مصنوعی توسط فرآیندهای تجزیه حرارتی موجود می باشد نانوذره استفاده شده، نانوذره گرافیت می باشند [۹] ذرات گرافیت دارای قطر ۸۰ - ۳۰ نانو متر هستند. گرافیت ساختار لایه-لایه داشته و از قرار گرفتن ۶ اتم کربن به صورت ۶ ضلعی منظم پدید آمده است. این اتم‌ها با پیوند کوالانسی به هم متصل‌اند و نمی‌توانند با کربنی خارج از این لایه پیوند کوالانسی تشکیل دهند، بنابراین یک لایه گرافیت از طریق پیوندواندروالسی که پیوند ضعیفی است به لایه‌های زیرین متصل است. این خاصیت سبب می‌شود لایه‌های گرافیت به راحتی به روی هم بلغزند به همین دلیل از این ترکیب برای روغن‌کاری و روان‌کاری استفاده می‌شود. در جدول (۱) خواص فیزیکی و شیمیایی این ماده ذکر گردیده است.

جدول (۱) خواص فیزیکی و شیمیایی نانوذره گرافیت	
شکل	جامدپودری
رنگ	سیاه
PH	۶،۵-۸،۵
اندازه ذرات	۸۰-.۳
قابلیت حل شدن	در آب غیرقابل حل



شکل۱ ساختار گرافیت

- **بیوپلیمر**

بیوپلیمر استفاده شده در این تحقیق، صمغ زانتان می‌باشد که پایداری حرارتی آن ۳۳۵ درجه فارنهایت است. صمغ زانتان به عنوان افزایش دهنده گرانروی به کار برده شده است. در برخی از خواص فیزیکی وشیمیایی این بیوپلیمر بیان شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول(۲)خواص فیزیکی و شیمیایی صمغ زانتان	
شکل	جامد پودری
رنگ	زرد مایل به سفید
PH	۶-۷
نقطه اشتعال	>۱۰۰ Ċ
قابلیت حل شدن	در آب قابل حل

- **پلی‌آنیونیک سلولز**

پلی‌آنیونیک سلولز با ویسکوزیته پایین (PAC LV) به عنوان افزاینده استاندارد کنترل کننده هرزروی، جهت مقایسه عملکرد نانوذرات در کنترل نمودن هرزروی سیال استفاده شده است. در واقع این ماده بدون ایجاد افزایشی چشم‌گیر در حجم سیال می‌تواند هرزروی آن را کنترل کند. در جدول(۳) خواص فیزیکی و شیمیایی این ماده ذکر گردیده است

جدول(۳) خواص فیزیکی و شیمیایی پلی‌آنیونیک سلولز با ویسکوزیته پایین	
شکل	جامدپودری
رنگ	سفید صدفی
PH	۵/۶-۵/۸
نقطه اشتعال	>۱۰۰ Ċ
قابلیت حل شدن	در آب قابل حل

۲,۱,۲.تجهیزات استفاده شده

- **دستگاه فیلتر پرس استاندارد**

جهت تعیین نمودن سرعت فیلتراسیون در میان کاغذ صافی و نیز سرعت افزایش ضخامت کیک گل تحت شرایط استاندارد آزمایشگاهی(فشار psi۱۰۰ دمای اتاق در حدود ۲۶ درجه سانتی‌گراد) به کار می‌رود. این وسیله سطحی برابر با ۴۵ سانتی متر مربع دارد و حجم فیلتراسیون به‌دست آمده از آن در مدت زمان ۳۰ دقیقه، به عنوان مقدار هرزروی آب یا صافاب گزارش می‌شود. کاغذ صافی به کار رفته ساخت شرکت فن آمریکا است که قطر آن‌ها ۳,۵ اینچ می‌باشد. لازم به ذکر است که از روش فیلتراسیون استاتیکی جهت انجام آزمایشات این تحقیق استفاده می‌شود.

- **گرانروی سنج دوار**

رایج‌ترین گرانروی سنج دوار، گرانروی سنج VG meterمدل ۳۵ ساخت کارخانه فن آمریکا است که کاربرد وسیعی در صنعت حفاری دارد و با کمک آن می‌توان اطلاعات دقیقی درباره ویسکوزیته و کنترل آن به دست آورد. این دستگاه که گرانروی را برحسب سانتی‌پویز اندازه‌گیری می‌کند، از دو ظرف استوانه‌ای بااندازه‌های مختلف تشکیل شده است و می‌تواند علت تغییرات ویسکوزیته را تعیین کند. این دستگاه هم‌چنین مقاومت ژله‌ای گل را اندازه‌گیری می‌نماید. گل حفاری مورد آزمایش، در فضای حلقوی بین دو استوانه هم محور محصور شده و همواره تحت میزان برش یک‌نواخت و دقیق قرار می‌گیرد. در این روش صفحات سیال راروی یک‌دیگر حرکت می‌دهیم به طوری که صفحه پایین ثابت نگه داشته شده و صفحه بالا را متحرک در نظر می‌گیریم

www.SID.ir

Archive of SID

و آن را نسبت به صفحه ثابت می‌سنجیم. استوانه توخالی بیرونی [۳] با سرعت دورانی ثابت به گردش در می‌آید و گشتاور ناشی از آن روی استوانه توپر درونی [۴] اعمال می‌شود. مقدار گشتاور منتقل شده به استوانه درونی به مقدار گرانروی گل حفاری مورد آزمایش بستگی دارد. این گشتاور به یک فنر حلزونی که به عقربه متصل است وارد می‌شود و از روی میزان انحراف عقربه یا قرائت عقربه می‌توان گرانروی را تعیین نمود .قرائت عقربه[۵] بیان‌گر اندازه تنش برشی و سرعت‌های متفاوت استوانه توخالی بیرونی بیان‌گر میزان سرعت برشی می‌باشد. شایان ذکر است که می‌توان به‌وسیله گرانروی سنج مدل ۳۵ خصوصیات سیال حفاری را در شش سرعت ۳۰۰ ، ۲۰۰، ۱۰۰، ۶،۳و ۶۰۰ دور در دقیقه بررسی کرد.

- **گرانروی سنج دوار**
- **گرانروی سنج دوار**[۶]
- **مخلوط کن**
- **PH متر**

۲،۲.آماده‌سازی سیالات

آزمایشات ما برای گل پایه آبی گلایکولی در میدان آزادگان شمالی در جنوب غربی اهواز برای حفره چاه ″۸½که شروع به حفاری انحرافی می‌کنیم انجام شده است. در ابتدا تهیه سیالات پایه انجام گرفت. آماده سازی این سیالات پایه شامل مراحل مختلفی می‌باشد که برای به دست آوردن نتایج منطقی باید به صورت دقیق انجام گیرند.

درمرحله اول ساخت گل، مقدار مورد نیاز آب تازه که وزن آن۶۲،۴ pcf درون مخازن گل گرفته شد(در آزمایشگاه هر بشکه معادل ۳۵۰ سی‌سی می‌باشد) بعد مقدار % ۱ حجمی اتیلن‌گلایکول اضافه می‌کنیم و در ادامه ۱۷،۵ پوند در بشکه نمک به عنوان افزاینده وزن و ۱۷،۵ پوند دربشکه کلرید پتاسیم هم به عنوان افزاینده وزن هم بازدارنده شیل به گل اضافه می‌کنیم ،که وزن آب ۶۸ -۶۷ pcf می رسد. در مرحله بعد مقدار ۱ پوند در بشکه سوداش برای رسوب کلسیم و منیزیم به آن اضافه می‌کنیم و در ادامه مقدار ۱۰ پوند در بشکه نشاسته و ۲ پوند در بشکه پلی‌آنیونیک سلولز به عنوان کاهش دهنده هرزروی به آرامی به سیستم اضافه می‌کنیم. در مرحله بعد مقدار ۰،۷ پوند در بشکه زانتان گام برای افزایش ویسکوزیته به آرامی اضافه می‌کنیم . باید توجه داشت که درهنگام افزودن زانتان، این کار به آرامی انجام شود تا از تشکیل شدن حباب‌های هوا درون سیال و لخته شدن پلیمر جلوگیری گردد .در مرحله بعد مقدار ۱ پوند در بشکه سود سوزآور برای بالا بردن PH سیستم تا ۹،۵ اضافه می‌کنیم ودر مرحله آخر وزن سیستم را توسط سنگ آهک ۷۴ pcf (بااضافه کردن ۱۱۶ پوند بر بشکه) بالا می‌بریم. لازم به ذکراست درتمامی مراحل فوق مخلوط کن، در مخزنی که گل حفاری را می‌سازیم روشن می‌باشد، تا هم مواد اضافه شده به‌خوبی مخلوط گردند هم مانع ته‌نشینی آن‌ها گردد. سپس می‌توانیم با اضافه کردن نانوذرات با غلظت‌های مختلف نمونه‌های مختلف را تهیه کنیم. لازم به ذکر است که نانوذرات، به آرامی و طوری که ایجاد لختگی نکند به نمونه اضافه می‌شوند

جدول(۴) معرفی نمونه‌ها	
A	سیال پایه
$p_۱$	نا نو ذره گرافیت + Lb /bbl ۱ سیال پایه
$p_۲$	نا نو ذره گرافیت + Lb /bbl ۲ سیال پایه
$p_۳$	نا نو ذره گرافیت + Lb /bbl ۳ سیال پایه
$p_۴$	نا نو ذره گرافیت + Lb /bbl ۴ سیال پایه
$p_۵$	نا نو ذره گرافیت + Lb /bbl ۵ سیال پایه

[۳] Rotor
[۴] Bob
[۵] Dial Reading
[۶] Rotational Viscometer

www.SID.ir

Archive of SID

۳,۲.. نتایج و مباحث

- مشخصات گل پایه

جدول (۵)شخصات گل پایه													
Vis	MW	Temp	$\theta_{۶۰۰}$	$\theta_{۳۰۰}$	$\theta_{۲۰۰}$	$\theta_{۱۰۰}$	$\theta_{۶}$	$\theta_{۳}$	PV	YP	F.l	PH	CF[۷]
۴۸	۷۴	۱۲۰	۳۶	۲۳	۱۸	۱۴	۴	۳	۱۳	۱۰	۴,۵	۹,۵	۰,۱۶۷۳

- اندازه‌گیری ویسکوزیته و وزن گل

نمونه‌های آماده شده را تا خط نشانه به درون سل ویسکومتر می‌ریزیم و در سرعت‌های۳ ، ،۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰و ۶۰۰ دور بر دقیقه، داده‌های مربوط به هریک از سرعت‌ها را گزارش می‌کنیم. می‌توان ویسکوزیته پلاستیک و نقطه واروی را از طریق داده های به دست آمده محاسبه نمود.

جداول(۶) تاثیر نانوذره گرافیت بر روی وزن گل و PH						
مقدار	A	$p_۱$	$p_۲$	$p_۳$	$p_۴$	$p_۵$
MW	۷۴	۷۴	۷۴	۷۴/۱	۷۴/۱	۷۴/۱
pH	۹/۵	۹/۵	۹/۵	۹/۵	۹/۵	۹/۵

- اندازه‌گیری گرانروی

در جدول(۷) نتایج بدست آمده ازدستگاه گرانروی سنج برای نمونه‌های با حضور نانوذره گرافیت مشاهده می‌شوند.

جدول(۷)درجه انحراف نشان داده شده توسط ویسکومتر برای نمونه‌های با حضور نانو ذره گرافیت							
$p_۵$	$p_۴$	$p_۳$	$p_۲$	$p_۱$	A	نمونه‌ها	
درجه انحراف گرانروی سنج						سرعت(-s[۱])	سرعت(RPM)
۴۴	۴۲	۳۹	۳۷	۳۶	۳۶	۱۰۲۲	۶۰۰
۲۸	۲۷	۲۵	۲۴	۲۳	۲۳	۵۱۱	۳۰۰
۲۴	۲۳	۲۰	۱۹	۱۸	۱۸	۳۴۱	۲۰۰
۱۸	۱۷	۱۵	۱۷	۱۴	۱۴	۱۷۰	۱۰۰
۶	۶	۵	۴	۴	۴	۱۰,۲۲	۶
۵	۴	۳	۳	۳	۳	۵,۱۱	۳

- مقادیر تنش برشی

جدول(۸) مقادیر تنش برشی برای نمونه‌های در حضور گرافیت							
$p_۵$	$p_۴$	$p_۳$	$p_۲$	$p_۱$	A	نمونه‌ها	
مقادیر محاسبه شده تنش برشی						سرعت(-s[۱])	سرعت(RPM)
۴۶,۹۸	۴۴,۸۴	۴۱,۶۴	۳۹,۵	۳۸,۴۴	۳۸,۴۴	۱۰۲۲	۶۰۰
۲۹,۸۹	۲۸,۸۳	۲۶,۶۹	۲۵,۶۲	۲۴,۵۵	۲۴,۵۵	۵۱۱	۳۰۰
۲۵,۶۲	۲۴,۵۵	۲۲,۳۵	۲۰,۲۸	۱۹,۲۲	۱۹,۲۲	۳۴۱	۲۰۰
۱۹,۲۲	۱۸,۱۵	۱۶,۰۱	۱۸,۱۵	۱۴,۹۵	۱۴,۹۵	۱۷۰	۱۰۰
۷,۴۷	۶,۴	۵,۳۴	۴,۲۷	۴,۲۷	۴,۲۷	۱۰,۲۲	۶
۵,۳۴	۴,۲۷	۳,۲	۳,۲	۳,۲	۳,۲	۵,۱۱	۳

[۷] Friction Coefficient

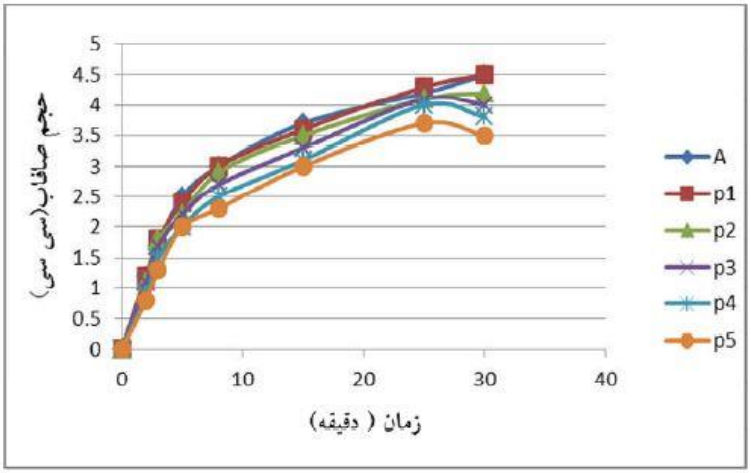
www.SID.ir

Archive of SID

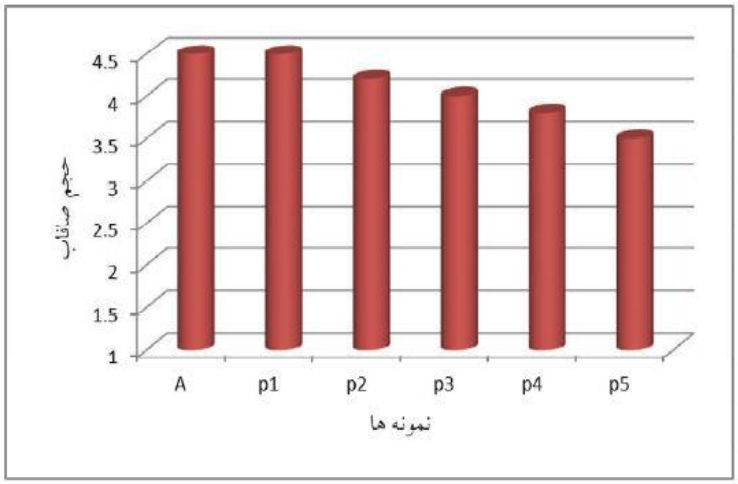
- اندازه‌گیری به کمک دستگاه فیلتر پرس

آب‌بندی سازندهای تراوا و کنترل صافاب یکی از عملکردهای اساسی سیال حفاری است. مشکلات زیاد با ضخیم شدن کیک گل و افزایش صافاب رخ می‌دهد که شامل تنگ شدن حفره چاه، افزایش گشتاور و نیروی اصطکاک ،چسپندگی لوله،هرزروی گل، کیفیت ضعیف حین نمودارگیری از چاه، صدمه دیدگی به سازند است در نتیجه برای جلوگیری از مشکلات حفاری و تولید، کنترل میزان صافاب، کیک گل با رسوب نازک و تراوایی پایین ضروری است. بنابراین مخلوط آماده شده به درون سل دستگاه فیلتر پرس وارد و فشاری برابر با۱۰۰ psi اعمال می‌شود. سپس شیر دستگاه باز شده و با به کار انداختن کرنومتر، میزان هرزروی بر حسب زمان اندازه‌گیری می‌گردد. بعد ازگذشت مدت زمان ۳۰ دقیقه، حجم سیال در یک استوانه مدرج گزارش می‌شود. آزمایش جهت اطمینان ازدقیق بودن داده‌ها دوباره تکرار می‌شود.

جدول (۹)میزان صافاب گل حفاری در حضور نانو ذره گرافیت						
فشار و دما	A	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
۱۰۰psi,۷۵F	۴,۵ cc	۴,۵ cc	۴. ۲cc	۴ cc	۳,۸ cc	۳,۵ cc



شکل (۱)حجم فیلتراسیون(صافاب)بر حسب زمان در حضور نانو ذره گرافیت



شکل (۲)مقایسه میزان صافاب با حضور نانو ذره گرافیت در زمان ۳۰ دقیقه

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طور که در نمودار (۱)مشخص است افزایش دادن غلظت نانوذرات اثر قابل توجهی در کاهش دادن میزان صافاب در مخلوط ها دارد. نتایج شکل(۶) این مساله راتایید می‌کند. درنتیجه در رابطه با کنترل میزان صافاب، نمونه‌های حاوی نانوذرات دارای عملکرد بهتری می‌باشند.

با توجه به جدول (۹)و شکل (۱) اگر همان گل اولیه تحت همان دما و فشار حاوی نانو ذره گرافیت به‌کار رود، در این حالت هرزروی به۳,۵ سی‌سی کاهش پیدا می‌کند (۲۲ درصد کاهش هرز روی)، یعنی در طی مدت زمان ۳۰ دقیقه، مقدار کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان صافاب مشاهده شد.که این نتایج نشان داد نانوذره گرافیت نقش تاثیرگذاری در کاهش مقدار صافاب سیال ایفا می‌کند. این مسئله ممکن است به علت تشکیل شدن یک فیلتر کیک موثر باشد. بنابر این بر طبق این روش و نتایج بدست آمده حاصل از آزمایش، استفاده از نانو ذره گرافیت به عنوان مواد افزودنی به سیال حفاری به بهبود شرایط هرزروی کمک می‌کند. درنتیجه در اعماق بالا که کنترل هرزروی امر بسیار پیچیده‌ای است با استفاده از این روش نتایج خوبی حاصل می‌شود. باتوجه به این موارد، افزودن نانو ذره گرافیت به سیال حفاری ، به دلیل کوچک بودن ذرات در ا ندازه نانو، سبب بسته شدن شکاف‌ها و درزه‌های سازند شده و با این روش هرزروی به کم‌ترین مقدار خواهد رسید.

- اندازه‌گیری ضریب اصطکاک [۸] به کمک دستگاهLubricity Meter

جدول(۱۰)مقدار ضریب اصطکاک در صورت حضور گرافیت						
نمونه	A	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
زاویهΘ	۹,۵	۹,۵	۸/۵	۷	۵	۴
ضریب اصطکاک	۰,۱۶۷۳	۰,۱۶۷۳	۰,۱۴۹۵	۰,۱۲۲۸	۰,۰۸۷۵	۰,۰۶۹۹

همان‌طور که در جدول(۱۰) مشاهده می شود مقدار ضریب اصطکاک گل پایه ۱۶۷۳ .۰بوده، درحالی‌که برای همان گل با افزایش مقدار نانوذره گرافیت، لیزی فیلتر کیک ها بیشتر شده در نتیجه بلوک لغزنده دریک زاویه کمتر به پایین لیز می‌خورد. که در نهایت مقدار ضریب اصطکاک تا ۰,۰۶۹۹ (یعنی ۵۸ درصد کاهش) کاهش می‌یابد.

۳. نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه نقطه واروی اثر بیشتری در تمیز نمودن حفره چاه در مقایسه با گرانروی پلاستیک دارد، بنابراین با مشاهده نتایج می‌توان گفت که گرافیت موجب افزایش نقطه واروی درگل می‌شـود که این افزایش باعث تمیز تر شـدن حفره چاه می‌گردد.

بنابر آن‌چه گفته شد وجود گرافیت سبب بهبود ویژگی‌های گل حفاری و خواص رئولوژیکی آن می شود .حضور گرافیت درگل حفاری باعث کاهش کف هم می شود. زیرا همان‌طور که می‌دانیم ذرات آب گریز گرافیت یک غشای نازک از ماده‌ی ضد کف را پیرامون تمام سطح تماس هر ذره از گرافیت جذب می‌کنند. ذرات آب گریز گرافیت دو ست مواد آلی بوده و سطح آنها توسط این مواد، تر می‌شود. به محض این‌که گرافیت به سیال حفاری پایه آبی اضافه می‌شود، ذرات گرافیت از هم جدا شده و به سمت حباب های کف حرکت می‌کنند. ذرات گرافیت که غشایی از مواد کف‌زدا ر ابر روی سطح خود دارند بر روی سطح آب حرکت می‌کنند. این نوع حرکت به خاطر ماهیت آب گریزی این مواد ا ست. دلیل ا صلی این پدیده، اندازه‌ی بسیار ریز ذرات گرافیت و همچنین آب گریزی آن‌ها می‌باشد. این نوع حرکت ذرات گرافیت، سبب جهش حباب ها شده و به مواد کف زدا این اجازه را می‌دهد که باعث شکستن کشش سطحی حباب شوند. این امر یکی از مزیت‌های این روش‌هاست. زیرا می‌توان مواد کف زدا را در سطح و یا در قسمت یک سوم بالایی سیال حفاری نگه داشت.

[۸] Friction Coefficient

www.SID.ir

Archive of SID

دست‌یابی به تشکیل کیک گل نازک توسط سیال حفاری محتوی ذرات نانو که منجر به کاهش برجسته در مشکلات رایج ناشی از کیک گل ضخیم ازجمله تنگی دیواره چاه، چسپندگی لوله‌ها به دیواره، افزایش گشتاور و سایش، و عدم تمیز کاری حفره چاه می‌شود.

مراجع

[۱]. Drilling Fluids Manual, ۲۰۰٤, Amoco Production Company USA,۱۹۹٥.

[۲]. Fink J. K., *"Petroleum Engineer's Guide to Oil Field Chemicals and Fluids," Elsevier Science*, ۲۰۱۲.

[۳]. Swaco, M., *Engineering drilling fluid manual.* MI Swaco, March,۱۹۹۸.

[٤]. Sensoy, T., M.E. Chenevert, and M.M. Sharma. *Minimizing water invasion in shales using nanoparticles.* in *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. ۲۰۰۹. Society of Petroleum Engineers.

[٥]. Al-Zubaidi, N.S., A.A. Alwasiti, and D. Mahmood, *A comparison of nano bentonite and some nano chemical additives to improve drilling fluid using local clay and commercial bentonites.* Egyptian Journal of Petroleum, ۲۰۱٦.

[٦]. Jain, R. and V. Mahto, *Evaluation of polyacrylamide/clay composite as a potential drilling fluid additive in inhibitive water based drilling fluid system.* Journal of Petroleum Science and Engineering, ۲۰۱٥. ۱۳۳: p. ٦۱۲-٦۲۱.

[۷]. Shakib, J.T., V. Kanani, and P .Pourafshary, *Nano-clays as additives for controlling filtration properties of water–bentonite suspensions.* Journal of Petroleum Science and Engineering, ۲۰۱٦. ۱۳۸: p. ۲٥۷-۲٦٤.

[۸]. Avinash, M., et al., *Covalent modification and exfoliation of graphene oxide using ferrocene.* Nanoscale, ۲۰۱۰. ۲(۹): p. ۱۷٦۲-۱۷٦٦.

[۹]. Schafhaeutl, C., *LXXXVI. On the combinations of carbon with silicon and iron, and other metals, forming the different species of cast iron, steel, and malleable iron.* The London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science, ۱۸٤۰. ۱٦(۱۰٦): p. ٥۷۰-٥۹۰

چکیده مقاله به زبان انگلیسی

Improvement of rheological properties of water-based drilling fluid using nano graphite

Rasool rostami

Department of Petroleum Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad Univesity Centeral Tehran Branch, Iran, Rasoolrostami۷۶@yahoo.com

Arash Ebrahim Abadi

Department of Mining, Islamic Azad University Branch Qaemshahr, Iran, *Arash.xer@gmail.com*

Amir Hossein Saeedi Dehaghani

Department of Petroleum Engineering, Faculty of Chemical Engineering, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran, asaeedi@modares.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Abstract. Basic types of gas in the drilling fluid, oil-based and water-based there. In this study, the effects of nanoparticles to improve the rheological properties and control the Safab in the base fluid aqueous mixture of biopolymer and surfactants, by performing various tests by devices viscometer, filter press and standard filter press at high temperatures and pressures view has been checked . As well as to compare the results obtained from the use of nanoparticles and understand the impact of their presence, the testing of a standard plug Safab controller was used as a control. After reviewing the data from the experiments, it was found that the mixture of biopolymer and surfactants, the rheological properties and control properties of loss and Safab of fluid just based on polymer or only on the basis of a surfactant, and better performance. It was also observed that nanoparticles play an important role in reducing the amount of fluid loss control play Safab.

Keywords: drilling fluid, nanoparticles, rheological properties, fluid loss

www.SID.ir