مقاله پژوهشی

ارزیابی عملکرد تاثیر نانو ذرات آلومینیوم بر روی سیال حفاری

محمد رحیم افروزنده
۱. گروه مهندسی شیمی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

واژه‌های کلیدی:
مشخصه‌های رئولوژیکی، گل حفاری پایه نفتی، استحکام، نقطه تسلیم (واروی)، ویسکوزیته

چکیده: میعانات برای بررسی تأثیر زمان پیرسازی و دما روی یک گل حفاری پایه نفتی آزمایش‌هایی صورت می‌گیرند، که شامل ذرات نانو اکسید آلومینیوم است. در این پایان نامه به منظور شبیه‌سازی شرایط حفاری روی داده در چاه‌های عمیق، مشخصه‌های رئولوژیکی گل حفاری در یک ویسکوزیته سنج دما بالا– فشار بالا در نظر گرفته می‌شوند. همچنین با مقایسه رفتار رئولوژیکی گل حفاری پایه نفتی ساده با رفتار حاصل از گل حفاری پایه نفتی نانو تأثیر استفاده از ذرات نانو مورد بررسی قرار می‌گیرند. بنابراین تنش برشی، نرخ برشی، ویسکوزیته مؤثر، ویسکوزیته پلاستیک برای دو نوع گل حفاری بر اساس دما و زمان کاری اندازه‌گیری می‌شوند. نتایج نشان می‌دهند که افزایش دما در طول زمان، ویسکوزیته گل حفاری را کاهش می‌دهد، با این حال تأثیر تغییر دما با افزایش دما کاهش می‌یابد. همچنین دماهای بالا نقطه ی تسلیم را افزایش داده و بنابراین گل را غلیظتر می‌کند. تجزیه ترکیب پلیمری، جذب آب توسط نمک با زمان و فلوکولاسیون (کرکینه شدن، لخته شدن) بنتونیت می‌تواند کاهش ویسکوزیته و استحکام ارائه شده با افزایش دما و زمان کاری را تحلیل کند. برای دو ویسکوزیته پلاستیکی و مؤثر دو مدل پیش‌بینی کننده (پیش‌گویانه) مرتبط با نتایج آزمایشگاهی استنتاج می‌شوند. همچنین افزودن نانو ذره در دمای ثابت مقدار نرخ برشی را افزایش داده و تنش برشی و همچنین ویسکوزیته را کاهش می‌دهد و بنابراین توان مورد تقاضای پمپ برای حرکت دادن گل حفاری بعد از دوره پایا (استاتیک) را کاهش می‌دهد.

مقدمه

انرژی یک کشور به میزان زیادی وابسته به مقدار نفت ارزیابی شده و استخراج شده و همچنین ذخایر گاز و دیگر منابع طبیعی است. بنابراین این منبع اصلی اقتصاد یک کشور است. بخش نفتی و گازی موجود در یک کشور ابعاد زیادی دارد، در ابتدا تأیید وجود هر منبع طبیعی روی پوسته زمین از طریق حفاری صورت می‌گیرد[۲،۱].

حفاری یکی از جنبه های مهم بخش نفت و گاز است و بدون حفاری دسترسی به منابع طبیعی موجود در زیر پوسته زمین وجود ندارد. حفاری فرآیند ایجاد یک چاه در سطح زمین با هدف ایجاد دسترسی به منبع مطلوب زیر پوسته زمین است. فرآیند حفاری باید به صورت ایمن، با کمترین هزینه و با حداقل آسیب و یا بدون آسیب به محیط انجام گیرد [۲]. یکی از مواد مهم استفاده شده در حفاری سیالات حفاری هستند که به صورت متداول گل حفاری نامیده می‌شوند. سیال حفاری در دو نوع گل پایه آبی و گل پایه نفتی است. طراحی و تولید سیال حفاری به دلیل نقش آن در حفاری دارای بیشترین اهمیت است. شرکت‌های درگیر در طراحی و تولید سیالات حفاری در یک کشور برای بخش نفتی و گازی، طی سال‌ها برای تولید گل موادی را وارد کرده‌اند و یا در برخی از موارد گل حفاری از پیش طراحی و تولید شده را وارد کرده‌اند. در این مورد در این بخش صنعت خواص سیال حفاری را با کمک انواع

* نویسنده مسئول:
نشانی: گروه مهندسی شیمی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران
تلفن: ...
پست الکترونیکی: mrafrouz19@gmail.com

مناسب افزایه‌ها تنظیم می‌کنند که برای مناسب بودن احتیاجات سازند ناحیه‌ای که باید حفاری شود مهم هستند. این امر به ویژه برای شرکت‌های بومی درگیر در نفت و گاز یک مسئله اساسی است، چون آنها به ناچار باید این مواد را با هزینه‌های بالا وارد کنند و این امر به آنها اجازه رقابت مناسب با همتاهای خارجی را نمی‌دهد. بنابراین تحقیق در این حوزه الزامی است. کشوری مانند هند، با استفاده از مواد محلی خود جایگزین‌های ارزان‌تری برای تولید کالاها و خدمات مختلف یافته اند (از جمله بخش نفتی و گازی و همچنین تولید سیالات حفاری). این امر با ایجاد مزیت فرصت‌های شغلی جدید با منابع طبیعی خود، اقتصاد آنها را بهبود داده است که این خود به معنی کاهش در مقدار واردات است[۳]. سیال (گل) حفاری معمولاً مخلوطی از آب، رس، ماده وزن افزا و چند ماده شیمیایی دیگر است. گاهی اوقات برای دادن خواص مطلوب خاص به گل می‌توان از نفت به جای آب و یا افزودن نفت به آب استفاده کرد[۴]. سیال حفاری برای بالا آوردن خرده‌های ایجاد شده توسط مته به سطح برای دفع آن ها است[۵]. اما تأمین ابزاری برای تحت کنترل نگه داشتن فشار زیرزمینی نیز دارای اهمیت یکسانی است. هر چه گل سنگین‌تر یا چگال تر باشد، فشار بیشتری وارد می‌کند. بنابراین مواد وزن افزا باریت، به گل اضافه می‌شوند تا مقدار فشاری که برای کنترل فشار سازند لازم است را گل بتواند وارد کند. تجهیزات درون سیستم گردش گل از تعداد بسیار زیادی از اقلام تشکیل شده است. پمپ، گل را از گودال‌های گل وارد می‌کند و آن را از خط تخلیه به لوله ایستاده می‌فرستد[۵]. لوله ایستاده۱یک لوله فولادی است که به صورت عمودی روی یک پایه تیر یا دکل سوار شده است. گل به بالای لوله ایستاده و به درون یک شلنگ پلاستیکی انعطاف‌پذیر بسیار قوی تقویت شده پمپ می‌شود که شلنگ دوار۲یا شلنگ میل چهار پر۳امیده می‌شود. شلنگ دوار به هرزگرد متصل شده است و گل وارد هرزگرد می‌شود و از هرزگرد به پایین میل چهار پر و درون لوله حفاری و طوق‌های حفاری می‌رود و از مته خارج می‌شود. سپس گل یک دور مشخص U شکل انجام می‌دهد و به سمت بالا درون چاه در داهلیز حرکت می‌کند. داهلیز (فضای حلقوی) فضای بین بیرون رشته حفاری و دیواره چاه است. درنهایت گل از درون یک لوله فولادی به نام خط برگشت چاه را ترک می‌کند و روی دستگاه لرزان غربال مانند به نام الکهای لرزان۴گل حفاری (لرزاننده رس) می‌ریزد. همزن‌های نصب شده روی گودال‌های گل به حفظ یک مخلوط یکنواخت سیالات و جامدات درون گل کمک می‌کند. اگر هر گونه سیلت یا ماسه ریز حفاری شود، آنگاه دستگاه‌هایی با نام سیلت زدا ها یا ماسه زداها را می توان اضافه کرد. یک ابزار کمکی دیگر در سیستم گل گاز زدا نامیده می‌شود. اردوغان و دمیرسی۵در سال ۱۹۹۶ میلادی بر فعال سازی برخی بنتونیتهای ترکیه ای برای بهبود خصوصیات سیالهای حفاریشان مطالعه نمودند. در این مطالعه، سه بنتونیت ترکی، ساماس۶ کبنسان۷و سیلان۸ از نظر قابلیت بکارگیری در سیال حفاری آزمایش شدند. کیفیت گل حفاری بنتونیتی از کبنسان و سیلان با افزودن برخی مواد مانند نمکهای کربنات سدیم، سولفات سدیم، سولفات آلومینیوم، ژیپم، پلیمرهای با وزن مولکولی زیاد، پلی اکریل آمیدها، پلی اکریلیک و سلولز کربوکسی متیل سدیم بهبود زیادی یافت. برای این هدف، پلیمرها موثرتر از نمک ها بودند[۶–۸].

اوستاد و ایسوم۹در سال ۲۰۰۱ میلادی بر خصوصیات ترکیبی و دما و فشار و حجم سیالهای مخزن آلوده به فیلتریت سیال حفاری مطالعه داشتند. گلهای حفاری پایه روغنی در کاربردهای حفاری دور از ساحل اکثرا به دلیل کم هزینه بودن به کار می روند. نمونه های خط سیمی سیالهای مخزن بدون تکمیل چاه بکار می روند و نمونه مقادیر متفاوت فیلتریت گل را بر حسب شرایط نمونه سازی دارد. دراین تحقیق روشهای یافتن داده های ترکیب و فشار دما و حجم برای سیال مخزن اولیه از نمونه های خط سیمی آلوده به نفت گل را توصیف می کند. دو سیستم سیال مطالعه شدند، میعان گاز و نفت سیاه، هر دو از دریای شمال هستند. سیالهای مخزن با دو نوع نفتهای پایه، به نام فوق حفاری۱۰ نفت سنتزی با پایه اولفین ، و ای دی سی۱۱کسر نفتی معدنی حاو آروماتیک کم، حاوی ۰، ۱۰، ۲۰و ۴۰ درصد وزنی نفت پایه در تانک مخزن نفتی با یک مرحله تبخیر ناگهانی آلوده شدند. ترکیب نمونه آلوده به نفت مخزن با رابطه نیمه لگاریتمی دلالت می شد. به خصوص روشهای مشاهده داده صحیح برای کسر اضافی بحث شدند. پارامترهای سیال واقعی از ترکیب سیال بدست آمده که بعنوان ورودی شبیه ساز دما، فشار، حجم تجاری استفاده شدند محاسبه شدند. چگونگی تنظیم شبیه سازبرای مشاهده نقطه اشباع صحیح برای سیال تمیز با استفاده از داده آزمایشگاهی از سیالهای آلوده در دمای مخزن توصیف شدند. سپس، خصوصیات سیال مانند نسبت گاز به نفت، انبساط جرم ثابت، رهاسازی جزیی گاز، افت مایع در انبساط جرم ثابت برای میعان گازی و ویسکوزیته های سیال برای سیالهای مشخص شبیه سازی شد و برای سیالهای تمیز با داده های آزمایشگاهی مقایسه شدند. همچنین روشی برای چک کردن کیفیت نمونه های خط سیمی آلوده به نفت قبل از مطالعات دما–فشار– حجم توضیح داده شده است[۱۰].

سانتیو و همکاران در سال ۲۰۰۱ میلادی بر اندازه گیری ویژگی رئولوژیکی سیالهای حفاری مورد استفاده در چاههای ژئوترمال پرداختند. تحقیق آزمایشگاهی با توجه به ارزیابی رئولوژیکی سیالهای حفاری با هدف افزایش درک رفتار دمایی سیال حفاری حین عملیاتهای حفاری چاه ژئوترمال و برای تامین یک پایگاه داده برای توسعه بهتر شبیه سازهای عددی مغزی چاه انجام شد. سیستم های سیال حفاری دما بالا که اغلب در صنعت حفاری چاه ژئوترمال مکزیک مورد استفاده

قرار می گیرند انتخاب و مورد ارزیابی واقع شد. یازده نمونه سیال حفاری پایه آبی ساخته شد و از نظر شیمیایی برای ارزیابی رئولوژیکی از نظر شیمیایی تعیین مشخصه شد. آزمایشهای دینامیک با توجه به رفتار غیر نیوتنی چنین سیالهای حفاری دما بالا با استفاده از ویسکومتر استوانه ای هم مرکز فان۵۰۱ انجام شدند. ویسکوزیته های سیال حفاری در یک گستره ی دمایی ۲۵ تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد، به ترتیب در فشار مخزن ثابت و نرخ برشی ۳۴۴۸/۲ کیلوپاسکال و ۱۷۰ بر ثانیه، اندازه گیری شدند. این اندازه گیریهای ویسکوزیته دینامیک سپس با روابط بدست آمده منطبق شدند تا ویسکوزیته سیال حفاری نظیر تابعی از دما تعیین شود. جزییات آزمایشهای رئولوژیکی شامل توصیف کامل دستگاه و تمام سیالها حفاری دما بالا ی مورد استفاده و نیز معادلات دما– ویسکوزیته بدست آمده ارائه شدند[۱۱].

تالمون و هویسمن در سال ۲۰۰۵ میلادی بر سرعت سقوط ذرات در جریان برشی سیالهای حفاری مطالعه نمودند. سیالهای حفاری ویسکوپلاستیک ذرات جامد استخراجی طی ایجاد تونل در خاک نرم را بررسی نمودند. ترسیب ذرات در لوله ها و حفره چاهها باید حداقل باشد. برای ارزیابی میزان سرعت سقوط ذرات در جریان برشی، ترکیبهای مختلفی از خصوصیات سیال و اندازه ذرات آزمایش شدند. گردش همزمان ذرات با جریان و تعادل نیروهای عمودی در این سیالات، سرعت سقوط را تعیین می کند. استفاده از فرمول استوک برای سرعت سقوط در جریان برشی سیالهای حفاری توجیه شده است[۱۲].

بابا حامد و بلهادری در سال ۲۰۰۹ میلادی بر خصوصیات رئولوژیکی سیالهای حفاری بیوپلیمری مطالعه داشتند.گلهای حفاری سیالهای پیچده بوده، که برای پاکسازی چاه، نگهداری یکپارچگی حفره، انتال برشهای نگی، روانکاری نوک مته و کنترل فشارهای سازند استفاده می شوند. دو نوع اصلی سیالهای حفاری گلهای پایه آبی و گلهای پایه روغنی بکار می روند. گلهای پایه روغنی بسیار به صرفه اما آلوده کننده هستند و مقررات محیط زیستی در جهت محدود کردن استفاده از گلهای پایه روغنی در قسمتهای بسیاری از جهان است. برای کاهش سمیت گل باید سیستم های گل پایه آبی با بکارگیری دو پلیمر که چسب زانتان۲و کلروگلوسان۳هستند توسعه یابند. این دو معمولا در مخزنهای با تراوایی بالا یا چاههای افقی که هندسه های پیچیده دارند استفاده می شوند. در این مطالعه، رفتار رئولوژیکی نمونه های مختلف ارزیابی شد و اثر ترکیباتی مانند رس، کربنات کلسیم و کلرید پتاسیم تعین شدند. این ترکیبات رفتار رئولوژیکی غیر نیوتنی دارد که با پارامتر درختی مدل رئولوژیکی بالکی هرشال توصیف می شود[۱۳].

منزس۴و همکاران در سال ۲۰۱۰ میلادی بر استفاده از طرح آماری برای مطالعه اثر کربومتیل سلولز بر توزیع بنتونیت و رئولوژی سیال حفاری پایه آبی مطالعه ای داشتند. اثر سلولز کربوکسی متیل بر ویسکوزیته های پلاستیکی و ظاهری توزیع های بنتونیت برای سیالهای حفاری پایه آبی بر اساس طرح آماری بررسی شد. ترکیباتی که از بنتونیت و کربومتیل سلولز وزن مولی کم یا وزن مولی بالا استفاده می کردند در طرح این آزمایش به کار رفتند. توزیع ها بر طبق استانداردهای شرکت پتروبار تهیه شدند. مدلهای خطی سازی محاسبه شدند و ارتباط خصوصیات با ترکیبات را برقرار نمودند. اثر و کاربرد مدلها از طریق تحلیل آماری و آزمایشهای تعیین کننده تایید شدند. مدلهای خطی سازی برای تحلیل اثر میزان کربومتیل سلولز بر خصوصیات توزیع های آب– بنتونیت استفاده شدند. طرح آماری برای بهینه سازی خصوصیات گل با توجه به افزودن کربومتیل سلولز و برای رسیدن به درک بهتر از اثر افزودنیهای پلیمر بر ویژگیهای سیستم های آب — بنتونیت بکار می روند[۱۴].

گنزالس و همکاران در سال ۲۰۱۱ میلادی بر آثار برهمکنش های میان جامدات و فعال کننده های سطحی بر خصوصیات اصطکاکی سیالهای حفاری پایه آبی مطالعه داشتند در حفاری چاه، لوله دوار با اطراف حفره در نقاط زیادی برخورد داشته و دو نوع اصلی اصطکاک را ایجاد می کند که با نام دراگ و گشتاوری شناخته می شود. گشتاور به مقاومت لوله در برابر چرخش و دراگ در مرحله جاگیری و پایین بردن بر می گردد. گشتاور اضافی و دراگ می تواند افت غیرمترقبه ای در حفر چاه نفت ایجاد نموده و بازدهی عملیات را به خصوص در چاههای با زاویه زیاد و چاههای توسعه یافته کم سازد. در این کار آثار افزودنیهای فعال کننده سطحی۵و حلالیت آنها در دیزل بر خصوصیات رئولوژیکی و اصطکاکی سیالهای پایه آبی ۶که با دو ماده افزایش دهنده وزن (هماتیت و کلسیم کربنات) ساخته شده اند مطالعه شده است. خصوصیات مربوط به اصطکاک با اندازه گیری ضریب اصطکاک همراه با بررسی میزان سطح نوری برای ارزیابی رفتار فرسایش استفاده می شود. ویسکوزیته به عنوان تابعی از نرخ برشی در بازه ۰/۱ تا ۱۰۰۰ بر ثانیه تعیین شد. همچنین تکنیکهای پراش نور برای مطالعه پایداری توزیع ذرات جامد، مواد افزایش دهنده وزن، در محلولهای سورفاکتانت آبی و برای ارتباط برهمکنش های سورفاکتانت– جامد مشاهده شده در خصوصیات رئولوژیکی و اصطکاکی سیالهای پایه آبی انجام شدند. بر اساس نتایج، نشان داده شد که افزودن سورفاکتانت ارزیابی شده می تواند به طور قابل توجهی سبب وابستگی ضریب اصطکاک به مواد افزایش دهنده وزن مورد استفاده شود و فرمولاسیون سورفاکتانت افزودنی اثر بسیار خوبی بر کاهش ضریب اصطکاک نسبت به آنچه بر کاهش حلالیت دیزل دارد می گذارد. با توجه به خصوصیات رئولوژیکی، مشاهده شد که افزایش ویسکوزیته در سیال حفاری پایه آبی پلیمری فرموله شده با هماتیت و افزودنی سورفاکتانت سبب برهمکنش های قوی در سیستم جامد– سورفاکتانت پلیمر است. در دیگر فرمولها، هیچ اثری بر رفتار رئولوژیکی دیده نشد[۱۵].

زونگ و همکاران در سال ۲۰۱۱ میلادی بر خصوصیات ممانعت کنندگی صخره پلی اتر دی آمین در سیال حفاری پایه آبی مطالعه داشتند. در این پژوهش، خصوصیات ممانعت کنندگی آبگیری صخره

پلی اتر دی آمین در سیال حفاری مطالعه شدند. ممانعت کنندگی با استفاده از آزمایش ممانعت کنندگی بنتونیت و آزمایش سختی توده ارزیابی شد. نتایج نشان داد که خصوصیات بازدارندگی پلی اتر دی آمین نسبت به کلرید پتاسیم که یک بازدارنده معمول است بیشتر است و با کاهش اسیدیته بهتر می شود. مکانیسم بازدارندگی پلی اتر دی آمین بر حسب اسپکتروسکوپی مادون قرمز انتقال فوریه، پراش اشعه ایکس، اندازه گیری پتانسیل زتا و تحلیل کشش سطحی بررسی شد. پس از افزوده شدن پلی اتر دی امین با وزن مولکولی کم به سیستم سیال حفاری این ماده می تواند درون شبکه رسی قرار گیرد. یونهای دی آمونیوم با بار مثبت یونهای سدیم را مبادله میکند و بارهای منفی لایه درونی رسی را خنثی می سازد که دفع آبگیری لایه دوتایی بار نفوذی را کم می کند. به علاوه، پیوند هیدرژنی میان پلی اتر دی امین و سیلیکای سطح رس در این حالت ایجاد می شود. قرار گیری برهمکنش الکتروستاتیکی و پیوند هیدرژنی مولکولهای آب را به بیرون از ساختار می راند و صفحات را بهم پیوند می دهد که سبب آبگیری رس است. از سوی دیگر، جذب تک لایه پلی اتر دی امین بر لایه درونی رس، آبگریزی ذرات رس را ضعیف می کند که از ورود آب بیشتر ممانعت می کند[۱۶].

وان و همکاران در سال ۲۰۱۱ میلادی بر خصوصیات سیال حفاری و محلول پلیمرهای همراه AM–AA–SSS محلول در آب از طریق میکروامولسیون معکوس مطالعه داشتند. مطالعه حاضر با هدف توسعه نمونه ای جدید از افزودنیهای پلیمری برای سیال حفاری پایه آبی است. افزودنیها از طریق پلیمریزاسیون ترکیبی اکریل آمید، اسید اکریلیک و استرین سولفونات ۱۴با پلیمریزاسیون میکروامولسیون معکوس بدست آمده است. خصوصیات سیال حفاری و محلول سیالهای حفاری پلیمری پایه آبی بررسی شدند و سیال حفاری نقطه تسلیم بالا به ویسکوزیته پلاستیکی، ویسکوزیته بالا، کاهش برش بسیار خوب و رفتار تیکسوتروپیک، پایداری حرارتی خوب و مقاومت نمک خوبی داشت. باید اشاره داشت که از آن می توان به عنوان سیال حفاری پلیمری در محیط دما بالای نمکی استفاده نمود[۱۷].

منگ و همکاران در سال ۲۰۱۲ میلادی بر آثار خاکستر کربن بر خصوصیات رئولوژیکی سیالهای حفاری پایه آبی مطالعه داشتند. خصوصیات رئولوژیکی سیال حفاری نقشی اساسی در عملیات حفاری داشته و سیال حفاری پایه آبی بر اساس توزیع بنتونیت است. بر طبق مدل پلاستیک بینگهام اثر خاکستر کربن و تصحیح کننده تجاری بر خصوصیات رئولوژیکی۲توزیع بنتونیت بطور سیستماتیک از روی ویسکوزیته ظاهری۳،ویسکوزیته پلاستیکی۴،نقطه تسلیم۵ونیز نسبت نقطه تسلیم به ویسکوزیته پلاستیک۶بررسی شدند. نتایج بررسی ها نشان داد که خصوصیات رئولوژیکی توزیع بنتونیت با خاکستر کربن بطور قابل توجهی میزان نقطه تسلیم را به خصوص درتوزیع بنتونیت با میزان کم جامد، بهتر ساخت. آزمایش فیلتراسیون و چگالی نیز به ترتیب با استفاده از پرس فیلتر آپی آی و توزیع کننده گل انجام شدند. بر طبق نتایج مشاهده شد که با افزایش خاکستر کربن، چگالی توزیع بنتونیت به تدریج کم می شود و ضخامت کیک فیلتر و افت فیلتریت به شدت افزایش می یابد. به علاوه، پایداری توزیع بنتونیت مرتبط به خاکستر کربن نیز ارزیابی شد. نتایج آزمایشگاهی نشان داد که پایداری خاکستر کربن بهتر از تصحیح کننده رئولوژیکی است. در این مطالعه، خاکستر کربن افزودنی بسیار خوبی برای بهبود خصوصیات رئولوژیکی سیالهای حفاری پایه آبی است[۱۸].

دانگ و همکاران در سال ۲۰۱۵ میلادی بر اثر روانکارهای با پایه استر SMJH-1 بر خصوصیات روانکاری سیال حفاری پایه آبی مطالعه داشتند. خصوصیات روانکاری گل با پایه مونت موریلونیت سدیم۷ به همراه با گریس و نیز بدون گریس ارزیابی شده و مکانیسم های روانکاری با استفاده از اشعه مادون قرمز، زاویه تماس، زبری سطح و اندازه گیری پتانسیل زتا تحلیل شدند. آبگیری و افزایش دفع الکتروستاتیک میان ذرات مونت موریلونیت سدیم برای کاهش ضریب اصطکاک مفید بودند. در حالیکه در مقایسه با سیستم های بدون گریس هنگام استفاده از گریس نوع SMJH-1 یک لایه روانکار مرزی نیروی اصطکاک نسبتا ضعیفی ایجاد می کند. با افزایش غلظت SMJH-1 زبری متوسط کاهش یافته و ایجاد پیوند لایه فلز– گوگرد– کربن میان سطوح بسته حلقوی مقعر– محدب سبب کاهش ضریب روانکاری می شود. بر اساس این آثار روانکاری، درصد کاهش قبل و بعد برای گل کار کرده حاوی ۱ درصد SMJH-1 به ترتیب ۹۱/۴ درصد و ۹۰/۷ درصد است[۱۹].

احمدی و همکاران در سال ۲۰۱۵ میلادی بر خصوصیات سیال حفاری آفرون گاز کلوییدی۸تولیدی با سورفاکتانتهای (عامل فعال سطحی) طبیعی به صورت تجربی مطالعه نمودند. سیالهای آفرون کلوییدی گازی انواع ویژه ای از سیالهای حاوی میکروحبابها با اندازه های بین ۱۰ تا ۱۰۰ میکرون بوده که با اختلاط سورفاکتانتهای ایجاد آفرون در محلول پلیمری در سرعت زیاد ایجاد می شوند. اخیراً، سیالهای آفرون کلوییدی گازی به عنوان سیال حفاری در بالادستی صنایع نفت با موفقیت استفاده می شوند. خصوصیات سیال حفاری آفرون کلوییدی گازی مانند پایداری و توزیع اندازه آفرون به شدت به ویژگیهای یک سورفاکتانت ایجاد کننده افرون وابسته است. در نتیجه، انتخاب ماده فعال سطحی مناسب نقشی اساسی در تولید میکرو حبابها با خصوصیات مطلوب دارد. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی پتانسیل سورفاکتانتهای طبیعی جدید به عنوان ایجاد کننده آفرون در سیالهای حفاری آفرون کلوییدی گازی است. در این راستا، دو سورفاکتانت طبیعی جدید که از ریشه های

رزمارینوس سدلیتزا۱و برگهای گیاه حنا استخراج شده برای ایجاد سیالهای پایه آفرونی استفاده شدند. خصوصیات شیمیایی فیزیکی سیالهای ایجاد کننده آفرون تهیه شده از این سورفاکتانتها توسط آزمایشهای استاندارد مختلفی شامل اندازه گیریهای اندازه حباب، مشخصه های رئولوژیکی و آزمایشهای پایداری بررسی شدند. به علاوه، آثار غلظتهای سورفاکتانت و پلیمر از نظر آماری و دقیق مطالعه شدند. بر اساس نتایج آزمایشهای مشاهده شده از این کار، دو سورفاکتانت طبیعی اشاره شده برای ایجاد سیال حفاری بر پایه آفرون کلوییدی گازی مناسب هستند در حالیکه هیچ آثار محیطی ندارند و هزینه بسیار کمی در مقایسه با سورفاکتانتهای صنعتی و تجاری دارند[۲۰].

مواد و روش‌ها

گل حفاری نفت شامل امولسیون کننده، ویسکوز کننده، عامل تر کننده، آب نمک، آهک و اجزای دیگر را شامل می‌شود. جدول ۱ ترکیب گل حفاری نفت را نشان می‌دهد.

تست‌های میدانی روی خواص سیالات حفاری

اجرای تست‌های خاص لازم است تا تعیین شود که گل در شرایط مناسب برای اجرای کاربردهای قبلاً بحث شده قرار دارد یا خیر. تعداد این تست‌ها در نواحی خاص بسته به شرایط متفاوت خواهد بود. باید یک شکل API استاندارد برای گزارش نتایج این تست‌ها ایجاد شود.

ویسکوزیته

ویسکوزیته قیف مارش برای اندازه‌گیری روتین (روزمره) میدانی استفاده می‌شود. ویسکوزیته پلاستیک (سانتی پویز) و نقطه تسلیم ۱۰۰ پوند بر فوت مربع با ویسکوزیته سنج فن اندازه‌گیری می‌شوند.

استحکام ژلی

به صورت ۱۰۰ پوند بر فوت مربع گزارش می شود.

تست‌های دیگری که ممکن است وارد ارزیابی یک سیستم گل شوند به شرح زیر می باشند: ویسکوزیته ظاهری، زمان پیر شدن، دما. موسسه ی نفت خام آمریکا روش‌های استانداردی را برای اجرای این تست‌ها پیشنهاد کرده است. "عملیات پیشنهادی روال میدانی استاندارد برای تست سیالات حفاری". (API RP 13B).

خواص رئولوژیکی

قرائت‌های ویسکوزیته سنج را برای محاسبه موارد زیر برای یک سیال حفاری یا تکمیل/ تعمیر تعیین کنید: ویسکوزیته پلاستیک۲، نقطه تسلیم، استحکام ژلی، قرائت عقربه‌ای بیشینه در rpm ۳- ، ویسکوزیته ظاهری، شاخص ثبات، تنش تسلیم، شاخص جریان (n، بدون واحد).

جدول ۱: اجزای سیال حفاری پایه نفتی

اجزاء	درصد جرمی
Dearomatized oil	۵۵
Filtrate reducer	۰/۷
Emulsifier	۲/۱
Wetting agent	۰/۳۴
Lime	۲/۳
Organophilic clay	۱/۷
Viscosifyer (Bentonite)	۵
Brine	۳۲/۸۶

جدول ۲: خواص فیزیکی نانو ذرات آلومینیوم

خواص نانو ذرات اکسید آلومینیم	
پایه ی فلزی≥ ۹۵%	حالت
نانو پودر	فرم
10’4<میکرو اهم سانتی متر در ۲۰ درجه سانتیگراد	مقاومت الکتریکی
۷۵نانو متر – ۸۹	سایز متوسط نانو ذرات
۲۰وات بر متر کلوین	هدایت حرارتی

نتایج و بحث:

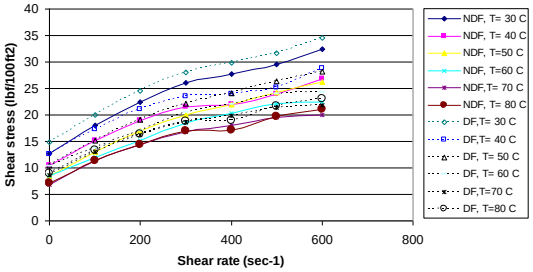
عملکرد گل حفاری تأثیر قابل توجهی در اهداف حفاری دارد. در این پایان نامه برخی از عوامل برجسته که روی رفتار رئولوژیکی گل حفاری تأثیر می‌گذارند، به صورت آزمایشگاهی در نظر گرفته شده‌اند. مقدار تنش برشی بر حسب نرخ‌های برش مختلف به عنوان نشان دهنده رفتار رئولوژیکی سیالات در نظر گرفته شده‌اند. تنش برشی به عنوان مقدار نیروی افقی تقسیم بر مساحت سطحی مجاور تعریف می‌شود. بر اساس تحقیقات دمای عملیات روی خواص سیالات تأثیر می‌گذارد. تأثیر دمای عملیات که از ۳۰ درجه سانتیگراد تا ۸۰ درجه سانتیگراد تغییر می‌کند، در شکل های ۱ الی ۴ به ترتیب بعد از ۰، ۱، ۳، ۵ روز بررسی شده‌اند. همچنین مقایسه‌ای از رفتار سیال حفاری نانو (NDF) و سیال حفاری ساده (DF) نشان داده شده است.

افزایش دما چسبندگی مولکول‌ها را سست کرده و مقاومت حرکتی لایه‌ها در برابر نیرو را کاهش می‌دهد. بنابراین با افزایش دما شیب خط‌ها کاهش می‌یابند. در تعریف دیگر، در یک مقدار نرخ برشی ثابت، افزایش دما مقدار نیروی افقی لازم را کاهش می‌دهد. در هر دما یک مقدار تنش برشی اولیه لازم برای تغییر شکل لایه‌ها از وضعیت اولیه وجود دارد. با این حال، در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد با افزایش مقدار نرخ برشی بین $100\ s^{-1}$ تا $600\ s^{-1}$ مقدار نیروی لازم و تنش برشی کاهش می‌یابد.

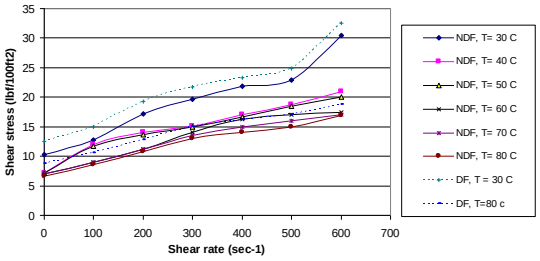
همچنین در یک دمای ثابت و مقدار تنش برشی ثابت، تمام منحنی‌های مرتبط با رفتار رئولوژیکی سیال حفاری بدون نانو ذرات نسبت به منحنی‌های مرتبط با سیال های حاوی نانو ذرات در محدوده مقدار نرخ برشی بالاتری هستند. این امر می‌تواند نشان دهد که مقدار توان لازم برای بازیابی مجدد سیال حفاری پایه نفتی که بعد از یک وضعیت پایدار شامل ذره نانو می‌شود نسبت به توان لازم برای سیال حفاری پایه نفتی

ساده کمتر است. این امر می‌تواند نشان دهنده بهبود در خواص سیال حفاری پایه نفتی با افزودن ذرات نانو باشد.

مقایسه بین نتایج شکل ۱ و ۲ نشان می‌دهد که مقدار تنش برشی بعد از ۱ روز پیرسازی کاهش می‌یابد. شکل ۲ الی ۴ تأثیر دما و همچنین نانو ذره را در دماهای ۳۰ درجه سانتیگراد و ۸۰ درجه سانتیگراد روی مقادیر نرخ برشی سیال حفاری بعد از زمان ۱۵ روز پیرسازی نشان می‌دهد. اگر چه مقدار اولیه تنش برشی با زمان کاهش می‌یابد، اما به نظر می‌رسد که زمان پیرسازی تأثیری روی نقش اصلی نانو ذره در کاهش مقادیر نرخ برشی ندارد. بنابراین به نظر ساختار گل حفاری نانو بعد از ۱۷ روز حفظ شده است.

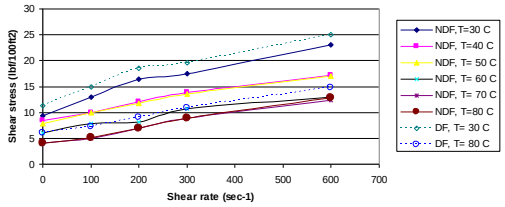


شکل ۱ تأثیر نرخ برشی روی تنش برشی در دماهای مختلف در ابتدای آماده سازی(صفر روز کاری)

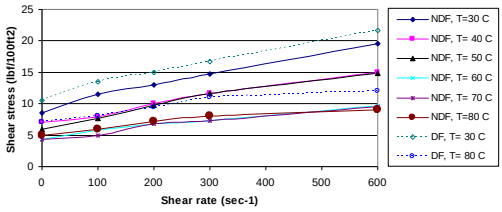


شکل ۲ تأثیر نرخ برشی روی تنش برشی در دماهای مختلف بعد از ۱ روز

بر اساس شکل های ۳ و ۴ افزایش نرخ برشی به صورت یک افزایش نامنظم حاصل می‌شود و بیشتر از یک خط شکل منحنی دارد. استحکام‌های اولیه افزایش می‌یابد و این امر نشان می‌دهد که استحکام پایین‌تر گل بعد از پنج روز به تأثیر پیرسازی نسبت داده می‌شود، در اینجاست که نیروی چسبندگی می تواند کاهش یافته باشد.



شکل ۳ تأثیر نرخ برشی روی تنش برشی در دماهای مختلف بعد از ۳ روز



شکل ٤ تأثیر نرخ برشی روی تنش برشی در دماهای مختلف بعد از ۵ روز

بر اساس نتایج حاصله از شکل های ۱ الی ۴ تأثیر پیرسازی آشکار است. تنش اولیه با زمان کاهش یافته و شکل های خطی تغییر تنش برشی بر حسب نرخ برشی به شکل های چند جمله‌ای تغییر می‌یابد. بنابراین تمام نتایج نشان دهنده استحکام ضعیف‌تر گل به دلیل پیرسازی می باشند. همچنین در تمام زمان‌های پیرسازی برای دماهای بالاتر از ۸۰ درجه سانتیگراد شیب تنش برشی بر حسب نرخ برشی کمتر از دماهای پایین‌تر است.

روندهای حاصله در شکل ها را می‌توان با تجزیه مولکول های موجود در گل و رس بنتونیت توسط گرمای اعمال شده روی گل توضیح داد. افزایش مقدار گرمای تولید شده به وسیله افزایش برش مکانیکی و رسیدن آن به سیال حفاری، آن را تجزیه و صفحات کوچک رس را دهیدراته (آب‌زدایی) می‌کند. بنابراین نیروهای جاذب مسلط می‌شوند و اجتماع صفحات کوچک تا زمانی که منجر به فلوکولاسیون (لخته سازی) شود، اتفاق می‌افتد. در نهایت افزایش در مقدار حرارت ورودی و نرخ برشی پیوسته منتج به خواص رئولوژیکی پایین می‌شود. همچنین مشخص می‌شود که شدت دما در دماهای بالاتر کاهش می‌یابد و شیب خط کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

مشکلات حفاری به صورت چشمگیری به خواص عملکردی گل حفاری بستگی دارد. در این پایان نامه، داده‌های آزمایشگاهی میزان نرخ برشی، تنش برشی، ویسکوزیته، استحکام برشی و نقطه تسلیم را ارائه می دهند. در این پژوهش زمان پیرسازی (۱، ۳، ۵ روز) و دمای (۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و۸۰ درجه سانتیگراد) متغیر می باشد. مقادیر ویسکوزیته و تنش برشی در یک نرخ برشی ثابت، در دمای بالا با زمان کاهش می‌یابد. مقادیر بهینه شرایط عملیاتی را می‌توان بر اساس نتایج آزمایشگاهی ارائه شده در این پایان نامه ارزیابی کرد. مقایسه مقادیر ویسکوزیته مؤثر و ویسکوزیته پلاستیکی سیال حفاری ساده با نانو سیال حفاری نشان دهنده تأثیر قابل توجه نانو ذرات روی کاهش این پارامترها (۵۶ درصد در ویسکوزیته مؤثر و ۵۰ درصد در ویسکوزیته پلاستیکی) با افزایش دما بعد از ۱۵ روز عملیاتی است. بنابراین بایستی برای ارزیابی توان مورد نیاز پمپ گردش گل این امر را در نظر گرفت. در بررسی اینکه، آیا نانو گل حفاری بهترین کیفیت را برای منافذ مسدود، نگه داشتن مواد به شکل سوسپانسیون، خنک نگه داشتن مته حفاری و اجتناب از آسیب سازند نشان می‌دهد، این مورد را باید در نظر گرفت. همچنین داده‌های به دست آمده برای مقدار نقطه تسلیم بر

حسب زمان و دما را می‌توان در پیش‌بینی سرعت لغزشی خرده‌ها استفاده کرد. به منظور اجتناب از مشکلات عملیاتی می‌توان مقدار بهینه دما و زمان پیرسازی را برای اهداف حفاری انتخاب کرد. همچنین توسط مقادیر آزمایشگاهی بدست آمده برای هر دو نوع ویسکوزیته دو مدل رابطه (همبسته) برای پیش‌بینی ویسکوزیته پلاستیکی و ویسکوزیته مؤثر بر حسب تابعی از زمان پیرسازی و دما اعتبار سنجی می‌شوند.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده پردازی، روش شناسی و تحلیل داده ها: و نگارش نهایی: محمد رحیم افروزنده

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در مطالعه حاضر، فرم‌های رضایت نامه آگاهانه توسط تمامی آزمودنی‌ها تکمیل شد.

تشکر و قدردانی

نویسنده از معاونت پژوهشی دانشگاه مرودشت به خاطر حمایت در انجام کار تحقیقاتی حاضر تشکر و قدردانی می کند.

References

[1]. Amoco Production Company Drilling Fluids Manual, 1975, pp. 1-3.

[2]. A.M. Talmon, M. Huisman ., Fall velocity of particles in shear flow of drilling fluids. Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 20, Issue 2, March 2005, Pages 193-201.

[3]. Asselman, A. and Garnier, G., Adsorption of model wood polymers and colloids on bentonites, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 168, Elsevier, (2000), 175–182.

[4]. Bagci, S., Kok, M.V. and Turksoy, U., 2000. Determination of formation damage in limestone reservoirs and its effect on production. JPSE 28, pp. 1–12 October.

[5]. Baki Erdoğan, Şahinde Demirci., Activation of some Turkish bentonites to improve their drilling fluid properties. Applied Clay Science, Volume 10, Issue 5, January 1996, Pages 401-410.

[6]. Bennion, B., 1999. Formation damage—the impairment of the invisible and uncontrollable, resulting in an indeterminate reduction of the unquantifiable. J. Can. Pet. Technol. 38, 2, pp.11–17.

[7]. Bennion, D.B., Thomas, F.B., Jamaluddin, A.K.M. and Ma, T., 2000. Using under balanced drilling to reduce invasive formation damage and improve well productivity—an update. J. Can. Pet. Technol. 39, 7, pp. 53–60.

[8]. Bruton, J., Mercer, R. and Paul, D., 2000. The application of new generation CaCl2 mud systems in the Deepwater Gulf of Mexico. In: IADC/SPE Drilling Conf., New Orleans, February. SPE 59051.

[9]. Caenn, Ryen and Chillingar, G.V., (1996) Drilling fluids: State of the art. Journal of Petroleum Science and Engineering, 14, 221-230.

[10]. Chatterji, J. and Borchardt, J.K., (1981) Application of water soluble polymers in the oil field. Journal of Petroleum Technology, 2042-2054 (November).

[11]. Chilingarian, G.V. and Vorabutr, P., 1983. In: (1st ed.), Drilling and Drilling Fluids vol., 133, 50 Elsevier, Amsterdam, Netherlands, pp. 149–151.

[12]. Daojin Zhou, Zepeng Zhang, Jialun Tang, Fanwen Wang, Libing Liao .,Applied properties of oil-based drilling fluids with montmorillonites modified by cationic and anionic surfactants. Applied Clay Science, Volumes 121–122, March 2016, Pages 1-8.

[13]. Elward-Berry, J. and Darby, J.B., 1997. Rheologically stable, nontoxic, high temperature, water based drilling fluid. SPE Drill. Complet. pp. 158–162 (September).

[14]. E Santoyo, S Santoyo-Gutiérrez., Rheological property measurement of drilling fluids used in geothermal wells. Applied Thermal Engineering, Volume 21, Issue 3, 1 February 2001, Pages 283-302.

[15]. Gao WJ, Lin HJ, Leung KT, Schraft H, Liao BQ (2011) Structure of cake layer in a submerged anaerobic membrane bioreactor. J Membr Sci 374: 110-120.

[16]. Hanyi Zhong, Zhengsong Qiu., Inhibitive properties comparison of different polyetheramines in water-based

drilling fluid. Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume 26, September 2015, Pages 99-107.
[17]. Hanyi Zhong, Zhengsong Qiu., Shale inhibitive properties of polyether diamine in water-based drilling fluid. Journal of Petroleum Science and Engineering, Volume 78, Issue 2, August 2011, Pages 510-515.
[18]. Jilani, S.Z., Menouar, H., Al-Majed, A.A. and Khan, M.A., 2002. Effect of overbalance pressure on formation damage. JPSE 36, pp. 97–109.
[19]. J. Abdo, A. Al-Shabibi, H. Al-Sharji., Effects of tribological properties of water-based drilling fluids on buckling and lock-up length of coiled tubing in drillingoperations. Tribology International, Volume 82, Part B, February 2015, Pages 493-503.
[20]. J.M. González, F. Quintero., Effects of interactions between solids and surfactants on the tribological properties of water-based drilling fluids. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Volume 391, Issues 1–3, 5 November 2011, Pages 216-223.