Archive of SID

بررسی کاربرد پلیمر DRISPAC برای تغییر رفتار رئولوژیکی گل حفاری

Effect of DRISPAC Polymer on the Rheological Behaviour of Drilling Mud

مجید سالاریه، زیاض خراط
دانشگاه صنعت نفت، دانشکده مهندسی نفت اهواز، صندوق پستی ۶۳۴۳۱

دریافت: ۷۸/۳/۲۹، پذیرش: ۷۹/۱/۱۲

چکیده
گل حفاری طی عملیات حفاری در سیستم بطور پیوسته در حال حرکت است. این گل به دلیل نقشهای متعدد آن در مقاطع مختلف سرعتهای متفاوتی دارد که برای حصول رفتار موردنظر، مواد متنوعی از جمله پلیمرها بدان افزوده می‌شود. در این مطالعه آثار افزودن پلیمری با نام تجاری DRISPAC به گل حفاری پایه آبی متنوعیت در غلظتهای مختلف بر خواص مهم و رفتار گل مانند الگوی جریان، گرانروی موثر، گرانروی پلاستیک، و نقطه تسلیم و استحکام ژل مطابق با دو مدل پلاستیک بینگهام و شبه پلاستیک بررسی می‌شود. نتایج حاصل از آزمایشها نشان می‌دهد که این پلیمر افزودنی مناسبی برای بهبود گرانروی مؤثر، گرانروی پلاستیک، نقطه تسلیم و استحکام ژل است، اما خاصیت شبه پلاستیک گل را کاهش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: گل حفاری، پلیمر، رئولوژی، استحکام ژل، گرانروی پلاستیک، نقطه تسلیم
Key Words: drilling mud, polymer, rheology, gel strength, plastic viscosity, yeild point

مقدمه

گل حفاری در حین عملیات حفاری در یک سیستم گردش منظم، پیوسته در حال حرکت است. گل در سر چاه به وسیله پمپهای ویژه از مخازن مخصوص، که اصطلاحا به آنها پیت گفته می‌شود، به داخل چاه پمپ می‌گردد. گل در چاه از درون لوله‌های حفاری که قطر ثابتی دارند به سمت پایین حرکت می‌کند و سپس از طوق مته می‌گذرد و از فواره‌های آن با سرعت زیاد خارج می‌شود. در فضای حلقوی بین لوله و دیواره چاه، گل ضمن حمل قطعات سنگ حاصل از حفاری با سرعت نسبت کمی به سمت بالا جریان می‌یابد. سپس، در بالای چاه در تجهیزات تصفیه و بازیابی گل، ناخالصی آن جدا شده و وارد پیتها می‌شود. این گل دوباره به وسیله پمپ وارد سیستم گردش می‌گردد.

گل حفاری علاوه بر خارج کردن قطعات سنگ حاصل از حفاری، نقشهای متعدد دیگری نیز به عهده دارد که عمده آنها عبارتند از سرد کردن، وارون کردن مته و رشته حفاری، جلوگیری از ریزش دیواره‌های سازند و کنترل فشار در چاه است. با توجه به متفاوت بودن سرعت سیال حفاری در مقاطع مختلف و تنوع عملکردهایی که از گل انتظار می‌رود، تهیه گل مناسب بسیار مهم و تا حدودی پیچیده است. معمولا، برای حصول رفتار موردنظر مواد متنوعی به گل پایه افزوده می‌شود. پلیمرها گروه مهمی از این افزودنیها بشمار می‌روند [۷-۱]. سالهاست که از پلیمرها در مراحل مختلف حفاری، تکمیل، تعمیر و بهره‌برداری از چاههای نفت و گاز و نیز در فرایندهای ازدیاد برداشت استفاده می‌شود. اغلب پلیمرهای مصرفی در بخشهای مختلف صنعت نفت را کوپلیمرهای خطی و شاخه‌ای محلول در آب

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ - رابطه بین آثار پلیمر و ساختار آن بر سیال حفاری.

اثر بر	مشخصات اصلی
گرانروی	وزن مولکولی
استحکام ژل	وزن مولکولی و ساختار شاخه‌ای زیاد
گرانروی در محلول نمکی	وزن مولکولی زیاد و نوع غیریونی یا بشدت آنیونی استخلاف شده
کُستگی ذرات گل	وزن مولکولی کم دارای بار منفی در محیط قلیایی
بهم پیوستگی ذرات گل	وزن مولکولی با گروههای باردار برای جذب روی سطح ذرات رسی
فعال کننده سطحی	وجود گروههای آبدوست و غیرآبدوست روی یک مولکول
کاهش هرزروی آب	تشکیل ذرات کلوییدی از طریق عمل پل بستن با ذرات جامد

Archive of SID

تشکیل می‌دهند [۳،۸].

پلیمرهای مورد استفاده در تهیه گلهای حفاری، که عمدتا ترکیبات آلی هستند، برحسب منشاء و ساختار به انواع پلیمرهای طبیعی و سنتزی تقسیم می‌شوند. نقش ویژه‌ای که یک پلیمر در گل حفاری عهده‌دار است رابطه تنگاتنگی با ساختار فیزیکی و شیمیایی آن دارد. در جدول ۱ رابطه کلی بین آثار پلیمر و مشخصات اصلی ساختار آن که علت اصلی بروز یک رفتار خاص در پلیمر است نشان داده شده است. از پلیمرهای تجارتی متعددی در تهیه سیالات حفاری استفاده می‌شود که بسیاری از آنها چند نقش و برخی نیز یک یا چند نقش مشابه یکدیگر را به عهده دارند. این مسائل برای دستاندرکاران عملیات حفاری گاهی چنان ایجاد سردرگمی می‌کند که موجب انصراف از بکار بردن آنها می‌گردد. از سوی دیگر، ضعف در شناخت پلیمرها و خواص آنها انتخاب بهترین پلیمر را برای یک کاربرد مشخص محدود می‌کند. در تهیه سیالات حفاری پلیمرها برای تنظیم یا تغییر الگوی جریان (شبه پلاستیک بایینگهام، پلاستیک) گل، گرانروی، گرانروی پلاستیک، نقطه تسلیم، خاصیت تعلیق، استحکام ژل و هرزروی آب بکار گرفته می‌شود.

امروزه، بکارگیری وسیع پلیمرها در صنعت حفاری بیانگر مفید و به صرفه بودن آن است. اما متاسفانه در کشور ما از سالها قبل استفاده از پلیمرها در تهیه گلهای حفاری، محدود به چند نوع خاص بوده است. از این رو، بنظر می‌رسد شناخت پلیمرهای مختلف و آثار آنها بر رفتار گل حفاری برای مهندسان صنعت حفاری می‌تواند موضوع مفیدی باشد. در مقالات پیشین [۱۲-۹] آثار دو نوع پلیمر بررسی شد. در این مقاله نیز، عملکرد پلیمر دیگری با نام تجاری DRISPAC LOT#۱۱۰۴ ارزیابی می‌شود.

تجربی

مواد

پلیمر DRISPAC پلیمری از خانواده اتر سلولوزی است که از نظر ظاهری به صورت پودری با رنگ روشن و بدون بو است، در آب کاملا محلول بوده و وزن مخصوص آن (نسبت به آب) ۱/۶ است. این پلیمر از شرکت Drilling Specialties تهیه شده است.

دستگاهها

آزمایشهای اندازه‌گیری خواص رئولوژی گل حفاری به وسیله دستگاه مخصوص آن یعنی Fan-VG meter و با گرانروی‌سنج دوار مدل ۳۵ با استوانه‌های هم‌محور انجام شده است. در این دستگاه استوانه بیرونی ثابت است و استوانه درونی با سرعتهای زاویه‌ای ۳، ۶، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ rpm دوران می‌کند. گشتاور یا تنش برشی مورد نیاز برای ایجاد این مقادیر سرعت زاویه‌ای (یا سرعت برش) متناسب با گرانروی سیال است. اگر N مقادیر معین شده سرعتهای زاویه‌ای انتخابی و θ_N میزان انحراف عقربه که متناسب با تنش برشی حاصل در سرعت زاویه‌ای موردنظر باشد، با استفاده از معادله‌های زیر می‌توان بعضی از خواص گل را محاسبه کرد:

$$PV = \theta_{۶۰۰} - \theta_{۳۰۰} \quad (۱)$$

$$YP = \theta_{۳۰۰} - PV \quad (۲)$$

که در آن PV گرانروی پلاستیک برحسب cP و YP نقطه تسلیم گل برحسب lb_f/ft^2 است.

روشها

برای انجام آزمایشها نمونه‌هایی از گل بنتونیت با غلظت ۲۰lb/barrel (۵۷ kg/m^3) تهیه و با افزودن مقادیر مختلف پلیمر در غلظتهای ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ ppm، مقادیر انحراف عقربه با دستگاه Fan-VG meter در سرعتهای ۳، ۶، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ rpm بعد از رسیدن به تعادل اندازه‌گیری شد. هر آزمایش چند بار تکرار و نتایج بعد از انجام تحلیل آماری گزارش شد.

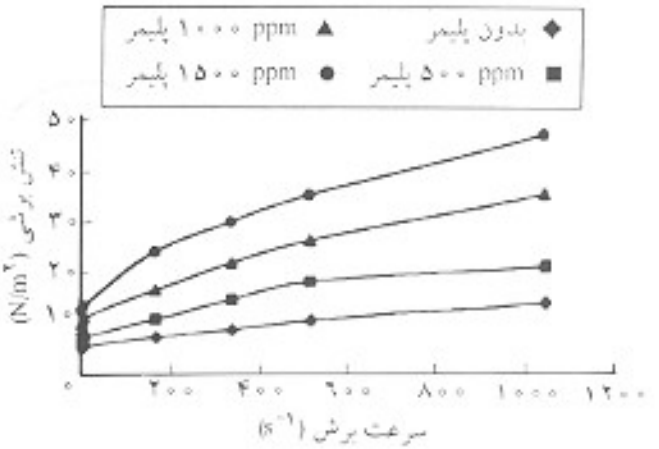
www.SID.ir

Archive of SID

$$SS = K(SR)^n \qquad (۳)$$

توان n شاخص مناسبی برای بیان میزان غیرنیوتنی بودن سیال است، بطوری که برای سیال نیوتنی برابر یک و برای سیال شبه پلاستیک کوچکتر از یک خواهد بود. هرچه این عدد کوچکتر شود، بیانگر قویتر شدن خاصیت شبه پلاستیک سیال است. ضریب K نیز که شاخص همنواختی (consistency index) سیال نامیده می‌شود، معیاری برای قابلیت پمپ شدن سیال است. معمولا، پلیمرها از مهمترین افزودنیها برای تقویت خاصیت شبه پلاستیک گل‌اند.

شکلهای ۱ و ۲ نتایج رسم شده حاصل از آزمایشهای Fan-VG meter در مختصات کارتزین و لگاریتمی است. همان‌طور که اشاره شد، این دو شکل بترتیب برای بررسی الگوهای جریانی بینگهام پلاستیک و شبه پلاستیک بکار می‌روند. شکل ۲ نشان می‌دهد که رفتار گلهای پلیمری در مختصات لگاریتم به صورت یک خط شکسته است.



شکل ۱ - اثر پلیمر بر رئولوژی گل.

نتایج وبحث

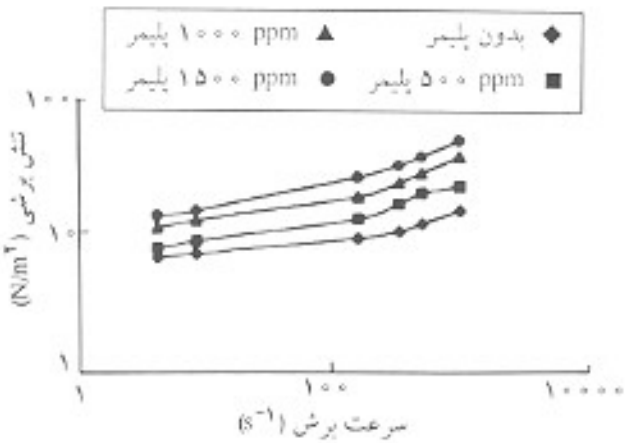
الگوی جریان

معمولا رفتار رئولوژیکی گل را با رسم منحنیهای تغییرات تنش برشی نسبت به سرعت برش نشان می‌دهند. براساس نوع الگوی جریان انتخاب شده برای گل، محورهای مختصات منحنیها را مختصات دکارتی (برای مدل بینگهام پلاستیک) یا لگاریتمی (برای مدل شبه پلاستیک یا سیالات تابع قانون توانی) درنظر می‌گیرند. اگر رفتار سیال مطابق هر کدام از مدلهای یاد شده باشد، منحنی تغییرات تنش برشی نسبت به سرعت برش باید در مختصات مربوط به آن به صورت یک خط راست باشد. معمولا رفتار گلهای حفاری بسادگی آنچه که گفته شد نیست، بطوری که مدل بینگهام پلاستیک رفتار جریانی گل را فقط در محدوده کمی از مقادیر سرعت برش (۵۱۱ تا s^{-1} ۱۰۱۲) تعریف می‌کند و مدل شبه پلاستیک نیز رفتار رئولوژی گل را در مختصات لگاریتمی به صورت یک خط شکسته نشان می‌دهد [۸].

رفتار شبه پلاستیک گل اهمیت فراوانی دارد. همان‌طور که اشاره شد، گل حفاری در حین عبور از مقاطع مختلف سیستم گردش ضمن اینکه سرعتهای متفاوتی پیدا می‌کند، نقشهای متعدد و گاه متضادی را نیز باید به عهده بگیرد. مثلا، در حالی که انتظار می‌رود طی عبور گل از فوارده‌ای مته، گرانروی آن به حداقل مقدار ممکن برسد، اما به محض ورود به فضای حلقوی چاه باید با داشتن گرانروی زیاد شرایط مناسبتری برای حمل قطعات سنگ داشته باشد. این ویژگی، یعنی رقیق بودن در سرعتهای زیاد و غلیظ بودن در سرعتهای کم را خاصیت شبه پلاستیک یا رقیق شدن برشی (shear thining) می‌گویند که بیانگر تبعیت سیال از قانون توانی است. این قانون رابطه بین سرعت برشی (SR) و تنش برش (SS) را به صورت زیر بیان می‌کند:

گرانروی موثر

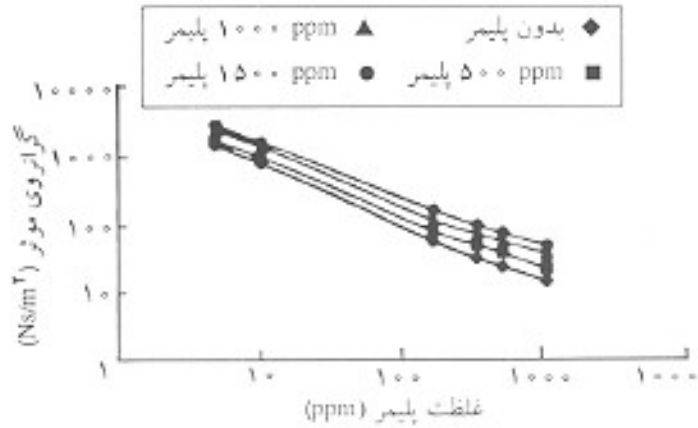
از مهمترین ویژگیهای یک سیال غیرنیوتنی مانند گل حفاری نحوه وابستگی گرانروی آن به تنش برشی است که سیال تحت آن قرار می‌گیرد. قبلا گفته شد که سرعت گل حفاری در مقاطع مختلف سیستم گردش متفاوت است و در نتیجه گرانروی آن نیز مقادیر متفاوتی دارد. روشن است که گل مناسب باید در هر کدام از این مقاطع گرانروی مشخصی داشته باشد تا بتواند وظایف خود را بخوبی انجام دهد. مثلا، گرانروی گل با تاثیری که بر عدد رینولدز دارد بر رژیم جریان سیال اثر می‌گذارد و بدین‌ترتیب بازده عمل حمل خرده قطعات حاصل از حفاری از ته چاه به بالا را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین، گرانروی زیاد گل در سرمته، لایه روان‌کننده موثری در محل تماس دندانه‌های مته و سنگ



شکل ۲ - اثر پلیمر بر رئولوژی گل.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳ - اثر پلیمر بر گرانروی موثر گل.

ایجاد می‌کند که در افزایش عمر مته موثر است. اما، افزایش توان مورد نیاز برای پمپ کردن، کاهش سرعت نفوذ مته و افزایش زمان تمیز کردن چاه از جنبه‌های منفی است. استفاده از پلیمرها یکی از راههای تنظیم رفتار گرانروی گل حفاری است.

شکل ۳ تغییرات گرانروی موثر گل را در مقاطع مختلف سیستم گردش (سرعتهای متفاوت) نشان می‌دهد. همان گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت پلیمر در گل، گرانروی آن به نحو متناسبی افزایش می‌یابد و بنابراین، می‌توان این پلیمر را افزودنی مناسبی برای افزایش گرانروی موثر گل دانست.

گرانروی پلاستیک و نقطه تسلیم

گرانروی پلاستیک گل، معیاری برای اندازه‌گیری میزان مقاومت داخلی جریان سیال است که بر اثر ذرات جامد موجود در آن ایجاد می‌شود. بنظر می‌رسد این خاصیت صرفا ناشی از آثار مکانیکی موجود در سیستم و متاثر از تعداد، اندازه و نوع ذرات موجود در فاز مایع است. البته، جامدات موجود در سیال علاوه بر این خاصیت بر نقطه تسلیم گل هم اثر می‌گذارند. نقطه تسلیم گل نیز معیاری برای مقاومت داخلی سیال در برابر شروع جریان است. این مقاومت به وسیله نیروهای الکتریکی، که ذرات کلوییدی موجود در گل را در کنار هم نگه می‌دارند، ایجاد می‌شود. مقدار این مقاومت بستگی به نوع، اندازه و مقدار این ذرات با ابعاد زیر میکرونی دارد. مشابه آنچه در مورد گرانروی موثر گفته شد، این خاصیت بر افتهای اصطکاکی گردش، نقطه انتقال رژیم جریان بین جریان آرام و درهم، بازده انتقال خرده قطعات حاصل از حفاری، زمان تمیز شدن ته چاه و سرعت نفوذ مته اثر می‌گذارد.

گرانروی پلاستیک و نقطه تسلیم گل از مهمترین خواصی هستند که ضمن تاثیر بر یکدیگر در محاسبات هیدرولیک عملیات حفاری مانند افت فشار سیال، توان مورد نیاز پمپ و در بسیاری از سازندها بر سرعت نفوذ مته موثرند.

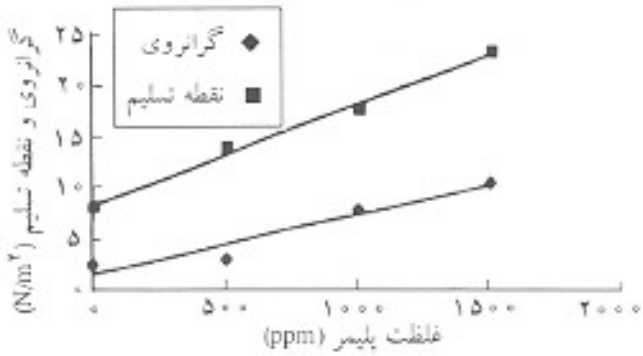
شکل ۴ اثر افزایش این پلیمر را بر خواص گرانروی پلاستیک و نقطه تسلیم گل نشان می‌دهد. مطابق این شکل استفاده از این پلیمر در گل بنتونیت به عنوان یک ماده افزودنی سبب افزایش این خواص بطور خطی $lb_f/100ft^2$ می‌گردد. به علاوه، نقطه تسلیم گل در مقایسه با گرانروی پلاستیک آن حساسیت بیشتری نسبت به غلظت پلیمر نشان می‌دهد.

Archive of SID

استحکام ژل

استحکام ژل یک سیال بیانگر حداقل تنش برشی مورد نیاز برای ایجاد حرکت لغزشی آن برحسب $lb_f/100ft^2$ است. در واقع، این خاصیت معیاری برای اندازه‌گیری جاذبه الکتریکی موجود در سیال در حالت سکون است. نیروهای جاذبه بین ذرات هم بر نقطه تسلیم و هم بر استحکام ژل اثر می‌گذارد و از این رو، این دو خاصیت با هم ارتباط دارند. استحکام ژل برخلاف نقطه تسلیم متاثر از زمان است، یعنی بیانگر افزایش مقدار این نیروها با گذشت زمان در شرایط سکون است که علت این رفتار خاصیت ژل‌گرایی سیال است. این نیروهای ضعیف در شرایط سکون با شروع جریان از بین می‌روند.

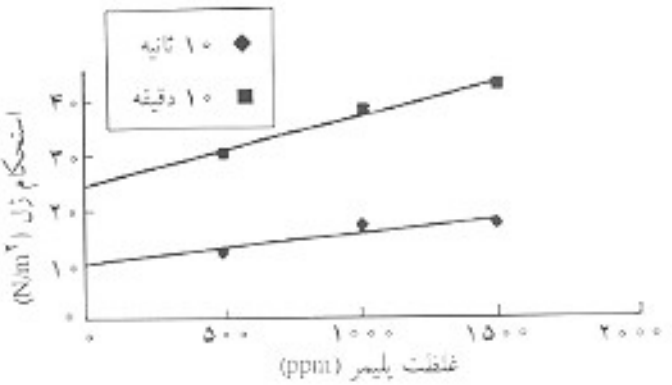
معمولا این خاصیت برای گل حفاری به دو صورت بیان می‌شود: اگر مقدار آن بعد از ۱۰ ثانیه سکون سیال اندازه‌گیری شود، به آن استحکام ژل ۱۰ ثانیه (GS_{10sec}) یا استحکام ژل اولیه می‌گویند و چنانچه زمان سکون سیال را ۱۰ دقیقه در نظر بگیرند، مقدار اندازه‌گیری شده را استحکام ژل ۱۰ دقیقه (GS_{10min}) می‌نامند. برای یک سیال معین تفاوت میان این دو کمیت بیانگر میزان ژل‌گرایی آن است. از لحاظ نظری، برای یک سیال بینگهام پلاستیک دو خاصیت استحکام ژل اولیه و نقطه تسلیم واقعی باید یکسان باشند، اما به علت عدم پیروی کامل رفتار گل حفاری از مدل بینگهام پلاستیک و نیز عدم امکان اندازه‌گیری تنش موجود در گل درست بعد از زمان صفر عملا



شکل ۴ - اثر غلظت پلیمر بر گرانروی پلاستیک و نقطه تسلیم گل.

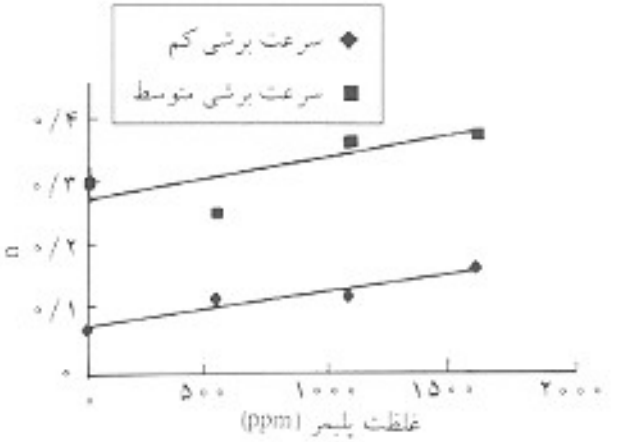
www.SID.ir

Archive of SID

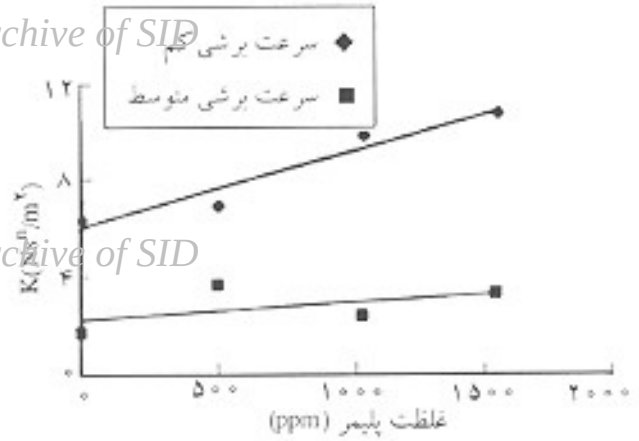


شکل ۵ - اثر غلظت پلیمر بر استحکام ژلی گل.

این حالت مشاهده نمی‌شود. مقدار هر کدام از این دو خاصیت و حتی میزان اختلاف آنها در رفتار گل حفاری نقش مهمی دارد. معمولا سعی می‌شود گلهای حفاری به شکلی طراحی شوند که استحکام ژل ۱۰ ثانیه آنها کم تا متوسط و استحکام ژل ۱۰ دقیقه آنها متوسط باشد. زیاد بودن مقدار استحکام ژل ۱۰ ثانیه سبب می‌شود که در سر چاه عمل جداسازی خرده قطعات حاصل طی حفاری از گل بخوبی انجام نگیرد، ضمن اینکه این مسئله در بالابردن این قطعات از ته چاه به بالا نیز مشکل ایجاد می‌کند. مقادیر کم استحکام ژل ۱۰ دقیقه نیز سبب کاهش خاصیت تعلیق گلها می‌گردد. در این صورت در مواقعی که به علتی گردش گل در چاه متوقف می‌شود خرده قطعات در گل حفاری به صورت معلق نمانده و روی مته و طوق آن ته‌نشین می‌گردند. بدین ترتیب، به جریان انداختن مجدد گل با مشکل مواجه می‌شود. همچنین، مقادیر خیلی زیاد این کمیت سبب می‌گردد که نیروی لازم برای جریان یافتن مجدد گل آن قدر زیاد شود که مسائلی چون ترک در سازند ایجاد کند [۱۳].



شکل ۶ - اثر پلیمر بر رفتار شبه پلاستیک گل در محدوده‌های مختلف سرعت برشی.



شکل ۷ - اثر پلیمر بر شاخص همنواختی گل در محدوده‌های مختلف سرعت برشی.

نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری خواص استحکام ژل گل پلیمردار در شکل ۵ نشان داده شده است. همان گونه که دیده می‌شود، افزایش غلظت این پلیمر در گل سبب بالا رفتن خواص استحکامی آن می‌گردد و در این میان استحکام ژل ده دقیقه در مقایسه با استحکام ژل ده ثانیه حساسیت بیشتری به غلظت پلیمر دارد. به عبارت دیگر، با افزایش غلظت پلیمر در گل تفاوت بین این دو کمیت، که بیانگر خاصیت ژل‌گرایی گل است، بیشتر می‌شود. با توجه به مطالب پیش گفته این رفتار از نظر عملیاتی می‌تواند مثبت ارزیابی گردد، زیرا بکارگیری این پلیمر در گلی که خواص ژلی ضعیفی دارد، ضمن اینکه با زیاد کردن استحکام ژل ۱۰ دقیقه آن خاصیت تعلیق گل را بهبود می‌بخشد، به علت آثار نسبتا کمی که بر استحکام ژل ۱۰ ثانیه (استحکام ژل اولیه) دارد بر عملیات بازیابی گل در سر چاه نیز آثار منفی محسوسی نمی‌گذارد.

همان‌طور که قبلا گفته شد، یکی از خواص مهمی که لازم است گل حفاری داشته باشد رفتار شبه پلاستیک یا رقیق شدن برشی آن است و معمولا یکی از روشهای افزایش این خاصیت در گل استفاده از پلیمرهاست. برای بررسی چگونگی اثر پلیمر مورد مطالعه در این پژوهش بر این خاصیت گل، با استفاده از رابطه قانون توانی پیش‌گفته، مقادیر n و k نمونه‌های ساخته شده محاسبه و نتایج در شکلهای ۶ و ۷ نشان داده شده است. همان گونه که دیده می‌شود، در هر دو محدوده سرعتهای کم و نسبتا زیاد، افزودن این پلیمر نه تنها کمکی به تقویت رفتار شبه پلاستیک گل نمی‌کند، بلکه با اثر افزایشی که بر توان n می‌گذارد این رفتار گل را تضعیف می‌کند. البته، همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، آثار این پلیمر در سرعتهای کم قابل صرف‌نظر کردن است و تاثیر بیشتر پلیمر در سرعتهای نسبتا زیاد است. در هر حال، به دلیل وجود رفتار شبه پلاستیک در گل، کاهش گرانروی آن در مقاطع دارای سرعتهای بسیار زیاد مانند محل فواره‌های

www.SID.ir

مته است. از شکل ۶ می‌توان این نتیجه را گرفت که از این نظر پلیمر یاد شده کارایی خوبی ندارد. در مورد شاخص همنواختی گل نیز افزایش پلیمر در محدوده سرعتهای نسبتا زیاد سبب افزایش این پارامتر می‌شود، اما این تاثیر در محدوده سرعتهای کم قابل چشمپوشی کردن است.

نتیجه گیری

خلاصه نتایج بدست آمده از گل بنتونیت با غلظت ۲۰ lb/barrel به همراه پلیمر DRISPAC در غلظتهای مورد آزمایش به شرح زیر است:

۱ - مدل بینگهام پلاستیک در محدوده سرعتهای نسبتا زیاد و مدل شبه پلاستیک در دو محدوده سرعت کم و نسبتا زیاد بطور مجزا رفتار جریان گل پلیمردار را پیش‌بینی می‌کنند.

۲ - این پلیمر می‌تواند افزودنی مناسبی برای بالا بردن گرانروی موثر گل باشد.

۳ - استفاده از این پلیمر در گل متناسب با غلظت آن، موجب افزایش خطی گرانروی پلاستیک و نقطه تسلیم گل می‌شود.

۴ - این پلیمر ضمن زیاد کردن استحکام ژل ۱۰ دقیقه گل خاصیت تعلیق آن را بهبود می‌بخشد و با آثار نسبتا کمی که بر افزایش استحکام ژل ۱۰ ثانیه آن دارد، آثار منفی محسوسی بر عملیات بازیابی گل در سر چاه ندارد.

۵ - با افزایش غلظت پلیمر بویژه در غلظتهای کم، خاصیت ژل‌گرایی گل زیاد می‌شود.

۶ - استفاده از این پلیمر در گل بویژه در سرعتهای برش بیشتر سبب کاهش خاصیت شبه پلاستیک یا رقیق شدن برشی گل می‌شود.

۷ - با افزایش غلظت پلیمر، در گل در محدوده سرعتهای برش نسبتا زیاد شاخص همنواختی گل نیز افزایش می‌یابد. این تاثیر در محدوده سرعتهای برشی کم قابل توجه نیست.

مراجع

1. Carico R. D. and Bag Shaw F. R.; Description and Use of Polymers Used in Drilling; Workovers and Completions; *SPE Production Technology Symposium*; SPE Paper 7747, Oct. 30-1, 1978.

2. Tiner R.; Polymers and their Use in the Oilfield; Southwestern Petroleum Short Coursei, Lubbock, Texas USA, 1976.

3. Plank J. P. and Gossen F. A., Visualization of Fluid-Loss Polymers in Drilling-Mud Filter Cakes; *SPE Drilling Engineering*; 1991.

4. Chatterji J. and Borchardt J. K., Application of Water Soluble Polymers in the Oil Field; *J. Petrochem. Tech.*; Nov. 1981.

5. Gallino G. et al., New Formulation of Potassium Acetate and Potassium Formate Polymer Muds Greatly Improved Drilling and Waste Disposal Operations in South Italy; *SPE Drilling and Completion*; March 1999.

6. Luo L. and Pinaya M., Improve Imhition and Rheological Properties in Amphoteric Polymer Mud System, SPE Paper 29943, 1995.

7. Ujma K. H. W., Pressage A. G., and Plank J. P., A New Calcium-Tolearnt Polymer Helps to Improve Drilling Mud Performance and to Reduce Costes; *SPE Drilling Eng. J.*; 41-46, March 1989.

8. Chilingarian G. V. and Rorabautr P.; *Drilling and Drilling Fluids*; Elsevier, Amesterdam, 1983.

۹ - سالاریه مجید و خراط ریاض، بررسی میزان تاثیر بیوپلیمر بر رفتار شبه پلاستیک گل حفاری، فصلنامه تحقیق، سال هشتم، شماره ۳۱، زمستان ۱۳۷۷.

۱۰ - سالاریه مجید و خراط ریاض، تاثیر املاح عمده موجود در شهر اهواز بر عملکرد پلیمر اکسی - ۱۰۰ در تغییر رفتار شبه پلاستیک گل حفاری، سومین گنگره ملی مهندسی شیمی، اهواز، ۱۳۷۶.

۱۱ - سالاریه مجید و خراط ریاض، تاثیر پلیمر بر خواص رئولوژیکی گلهای حفاری، اولین کنگره ملی مهندسی شیمی، تابستان ۱۳۷۳.

۱۲ - سالاریه مجید و خراط ریاض، تاثیر املاح عمده موجود در آب اهواز بر عملکرد پلیمر اکسی - ۱۰۰ در تغییر رفتار بینگهام پلاستیک گل حفاری، هشتمین همایش نفت، گاز و پتروشیمی، شهریور ۱۳۷۶.

13. Lummus J. L. and Azar J. J.; *Drilling Fluids Optimization A Practical Field Approach*; 200, 1986.

Archive of SID
Archive of SID
www.SID.ir