کاربرد پلیمر DRISPAC در کنترل هرزروی آب در گل حفاری

Application of DRISPAC Polymer in the Water Loss control of Drilling Mud

محمد سالاریه*، اسماعیل بابکی، ریاض حراط

اهواز، دانشگاه صنعت نفت، دانشکده مهندسی نفت اهواز، صندوق پستی ۶۳۴۳۱

دریافت: ۸۰/۲/۷، پذیرش: ۸۰/۱۱/۱۶

چکیده

پلیمرها یکی از مهمترین مواد افزودنی به گلهای حفاری‌اند که به منظور کاهش میزان هرزروی سیال بکار می‌روند. در این مقاله، اثر عملکرد گل بنتونیت عاری از پلیمر و آثار غلظت آن بررسی می‌شود. سپس، تاثیر افزودن یک پلیمر با نام تجاری DRISPAC به گل پایه آبی بنتونیت در غلظتهای مختلف بر عملکرد زمان صاف شدن گل حفاری در چاه بررسی می‌شود. نتایج حاصل از آزمایشهای انجام شده نشان می‌دهد که این پلیمر یاد شده از این جهت افزودنی موثری است که اثر آن در بهبود عملکرد گل بسیار بیشتر از بنتونیت است. در ضمن، شدت اثرگذاری پلیمر با افزایش غلظت آن تضعیف می‌شود.

واژه‌های کلیدی: گل حفاری، بنتونیت، پلیمر، هرزروی آب، دیواره‌سازی چاه

Key Words: drilling mud, bentonite, polymer, water loss, building wall of well

مقدمه

مخازن هیدروکربنی منابع عظیم زیرزمینی‌اند که گرچه دارای مقادیر زیادی نفت و گازند، اما معمولا بخش قابل توجهی از آنها قابل برداشت نیست و در اعماق زمین باقی می‌ماند. برای توضیح و تبیین این مسئله می‌توان عوامل متعددی را برشمرد. مثلا، در این میان نحوه تولید از مخزن نقش چشمگیری دارد. اما، واقعیت این است که اگر مساله یافتن راهکارهای رسیدن به حداکثر بهره‌برداری نهایی از یک مخزن باشد، سرنخهای آن را می‌توان حتی از زمان شروع حفر چاه تولیدی نیز مشاهده کرد. عملیات حفاری که در واقع انتخاب و اجرای یک نقطه برای خروج ذخایر هیدروکربنی و انتقال آن به سطح زمین است می‌تواند با یک طراحی مناسب، زمینه‌های یک بهره‌برداری مطلوب را در طول عمر تولیدی مخزن فراهم آورد. از این رو، مهندسان و طراحان عملیات حفاری نه تنها باید به بهترین راه رسیدن به این نقطه بیندیشند، بلکه ورای این هدف کوتاه مدت باید هدف درازمدت ایجاد چاهی را که دارای سازگاری لازم برای بهره‌برداری بهینه از مخزن باشد

* مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: m.salarieh@Ahwaz.put.ac.ir

مدنظر داشته باشند. یکی از بخشهای مهم در طراحی یک عملیات حفاری انتخاب سیال یا گل حفاری مناسب است.

خنک کردن مته حفاری و متعلقات آن، تمیز کردن ته چاه و خارج کردن تراشه‌های حاصل از حفاری، معلق نگه داشتن این قطعات در زمان توقف عملیات حفاری و جلوگیری از ریزش دیواره چاه از جمله وظایف مهم گل حفاری است. وظایف گوناگون و متعددی که بر عهده گل حفاری است معمولا با یک ماده ساده تامین نمی‌شود و دستیابی به همه این خواص در حد مطلوب برای گل مسلزم انتخاب ترکیب مناسبی برای آن است. تغییر شرایط حاکم بر چاههای مختلف و نیز تغییر شرایط هر چاه در حین حفاری به پیچیدگی موضوع می‌افزاید. مثلا، قبل از رسیدن مته حفاری به سازند تولیدی مشکل اصلی می‌تواند نگهداری گرانروی و استحکام ژله‌ای مناسب برای نگهداری مواد سنگین موجود در تعلیق و حمل تراشه‌های چاه باشد، اما با رسیدن مته حفاری به این منطقه خاصیت هرزروی گل نیز اهمیت زیادی می‌یابد. مواد افزودنی متعددی وجود دارند که معمولا برای تامین یک یا چند خاصیت گل بکار می‌روند. پلیمرهای آلی گروه وسیعی از این افزودنیها را تشکیل می‌دهند که امروزه کاربرد فراوانی یافته‌اند [۷-۱]. معمولا این مواد در تنظیم گرانروی، خاصیت ژله‌ای، میزان هرزروی و خاصیت شبه پلاستیک بکار می‌روند. بکارگیری وسیع پلیمرها در صنعت حفاری می‌تواند بیانگر مفید و به صرفه بودن استفاده از آنها باشد، اما متاسفانه در کشور ما تاکنون استفاده از آنها در گلهای حفاری محدود به چند نوع خاص بوده است. از این رو، شناخت پلیمرهای مختلف و آثار آنها بر رفتار سیالات حفاری موضوع مفیدی برای مهندسان صنعت حفاری است. ما نیز تاکنون به معرفی چند نمونه پرداخته‌ایم [۱۲-۸]. در مقاله اخیر [۱۲] تاثیر پلیمر DRISPAC بر پاره‌ای از خواص رئولوژیکی گل بررسی شد. در این مقاله، آثار این پلیمر در تامین یک خاصیت مهم گل یعنی کنترل وضعیت دیواره چاه بررسی می‌گردد.

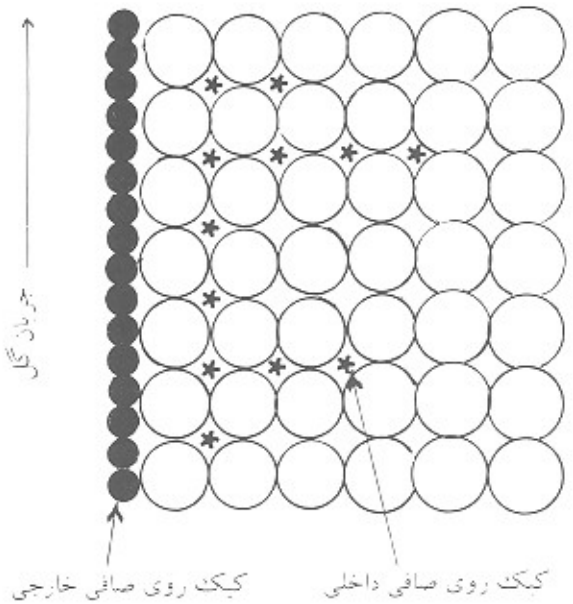
خصوصیات هرزروی آب و دیواره‌سازی گل

اگر عملیات حفاری در یک سنگ غیر متخلخل انجام شود، بدیهی است که تغییرات ترکیب گل در حین حفاری منحصر به تاثیر افزایش تراشه‌های حاصل از حفاری سنگ و احتمالا آثار زمان استفاده از گل (که خاصیت ژل‌گرایی آن را کنترل می‌کند) خواهد شد. اما، چون سازند نفتی یک سنگ متخلخل است، سیال حفاری در صورت اعمال شرایط فشاری مناسب می‌تواند به درون آن نفوذ کند. به بیان دیگر، در صورتی که فشار هیدروستاتیک گل حفاری در چاه در مقایسه با فشار سازند به اندازه کافی بزرگ باشد موجب نفوذ سیال به درون سازند می‌گردد.

گل حفاری یک تعلیق است که از یک سیال پایه (آب یا نفت) به عنوان فاز پیوسته و ذرات جامد که به صورت یکنواخت در مایع پراکنده شده‌اند تشکیل می‌شود. مواد جامد می‌توانند افزودنیهای متنوعی باشند که به منظور ایجاد خواص مشخصی به سیال پایه اضافه می‌گردند. اندازه این ذرات برحسب نوع آنها می‌تواند متفاوت باشد. بنابراین، ممکن است بعضی از انواع آن به صورت کلوییدی و برخی دیگر به صورت غیر کلوییدی در فاز سیال وجود داشته باشند. به این سیستم باید تراشه‌های حاصل از حفر سنگ را نیز افزود که وارد فاز سیال می‌شود.

همان‌طور که اشاره شد، در صورت غلبه فشار هیدروستاتیک گل بر فشار سازند، نفوذ گل به درون سازند روی می‌دهد. سازند با توجه به مقدار نفوذپذیری که دارد در برابر عبور گل از آن به صورت یک صافی عمل می‌کند و ضمن اجازه عبور فاز سیال پیوسته، ذرات کلوییدی معلق در آن و ذرات جامد به اندازه کافی ریز موجود در آن، مانع عبور ذرات نسبتا بزرگتر می‌گردد. بطور تقریب می‌توان گفت ذراتی که قطر آنها کوچکتر از یک دهم قطر گلوگاه حفره ورودی به سازند (در دیواره چاه) است براحتی از بین این محیط متخلخل عبور می‌کنند. نفوذ سیال حفاری به درون سازند از یک سو می‌تواند آثار تخریبی بر میزان سیرشدگی سیالات و حتی رفتار ترشوندگی سنگ در منطقه اطراف چاه بجای بگذارد و از سوی دیگر موجب از دست رفتن مقداری از گل حفاری گردد که باید در تاسیسات بالای چاه جبران شود. به این اثر ناخواسته اخیر هرزروی سیال حفاری می‌گویند. از طرف دیگر، ذرات جامدی که اندازه قطر آنها در محدوده بزرگتر از یک دهم و کوچکتر از یک سوم قطر گلوگاه حفره ورودی به سازند قرار می‌گیرد، با اینکه وارد سازند می‌شوند، اما واجد شرایط لازم برای به دام افتادن در خلل و فرجهای موجود (و تشکیل کیک داخلی) در سنگ بوده و موجب انسداد این خلل و فرجها می‌شوند که آثار نامطلوب آن بر رفتار تولیدی چاه نیاز به توضیحی ندارد. ذراتی نیز که قطر آنها بزرگتر از یک سوم قطر گلوگاه است تمایل به انباشته شدن بر دیواره چاه و تشکیل تدریجی یک لایه (یا کیک خارجی) روی آن دارند. بدیهی است که این لایه تشکیل شده نیز دارای مقدار معینی از نفوذپذیری است. این کیک ضمن ممانعت از نفوذ بیشتر فاز مایع گل به درون سازند (هرزروی سیال) نقش بسیار مهمی در پایداری دیواره چاه جهت جلوگیری از ریزش آن دارد. در شکل ۱ یک تصویر ساده از فرایند صاف شدن گل حفاری در چاه و تشکیل لایه کیک روی دیواره سازند را نشان داده شده است.

یکی از وظایف مهم گل حفاری ایجاد یک کیک صافی تا حد امکان نفوذناپذیر بر دیواره چاه است. معمولا حالت مناسب آن است که گلی تهیه شود که خیلی سریع ایجاد یک کیک بسیار نفوذناپذیر کند تا



شکل ۱- تصویری ساده از فرایند صاف شدن گل حفاری در چاه و تشکیل لایه کیک روی دیواره سازند.

ضمن جلوگیری از هرزروی بیشتر سیال حفاری از ضخیم‌تر شدن این لایه نیز ممانعت به عمل آورد. یک کیک ضخیم سبب ایجاد محدودیت درون فضای چاه برای عبور تجهیزات حفاری و حتی گیرکردن لوله حفاری می‌گردد. چنین لایه‌ای ممکن است در حین عملیات تکمیل چاه خوب تمیز نشود و روی دبی تولیدی چاه اثر منفی بگذارد. در هر حال، ضخیم شدن این لایه میزان هرزروی گل را بالا می‌برد و موجب ایجاد پتانسیلی برای فروریختن دیواره‌های چاه می‌گردد. اگر حفرات و شکافهای موجود در سازند آن قدر بزرگ باشند که روی آن پل زدن ذرات جامد اتفاق نیفتد، در این صورت تمام گل جذب سازند می‌شود. این مساله نیز شکلی متفاوت از افت سیال حفاری در گردش است.

خاصیت صاف شدن گل حفاری بیانگر توانایی اجزای موجود در گل برای تشکیل یک کیک (خارجی) در سطح دیواره چاه و میزان نفوذناپذیری این کیک است. عواملی مانند نوع، اندازه و میزان ذرات جامد موجود در گل بر این رفتار گل اثر می‌گذارند. وقتی گل مورد استفاده دارای مقدار کافی از مواد کلویدی است، مشکلات حفاری به حداقل می‌رسد و به عکس گلی که محتوای مواد کلویدی آن کم و در عوض میزان مواد خنثای آن زیاد باشد، موجب تشدید فرایند رسوب شدن و تشکیل یک کیک ضخیم روی دیواره چاه می‌گردد. بنتونیت از موادی ست که در تهیه گلهای حفاری کاربرد فراوانی دارد. یکی از خواص موردنظر در استفاده از بنتونیت کنترل میزان هرزروی گل است. پلیمرها نیز از موثرترین مواد افزودنی به گلهای حفاری‌اند که به منظور کاهش میزان هرزروی سیال بکار می‌روند. نشاسته، مشتقات سلولوز، پلی‌آمینهای آلی و صمغ طبیعی از جمله این موادند. محدوده مورد استفاده این مواد معمولا از ۰/۲۵ تا ۳/۵ پوند بر بشکه است. البته، لازم به ذکر است که کم‌کردن میزان هرزروی گل اگرچه موجب جلوگیری از تخریب سازند اطراف چاه می‌گردد، اما از نقطه‌نظر سرعت نفوذ مته حفاری نیز آثار نامطلوبی به جای می‌گذارد و از این رو در طراحی یک گل مناسب باید در پی یافتن نقطه بهینه بود.

تجربی

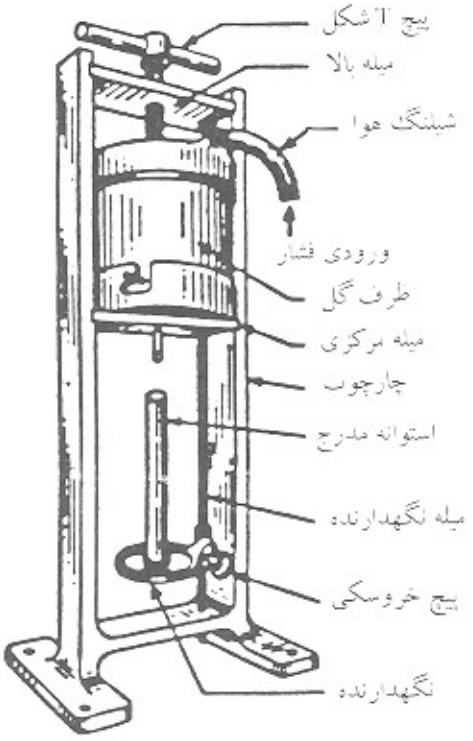
مواد

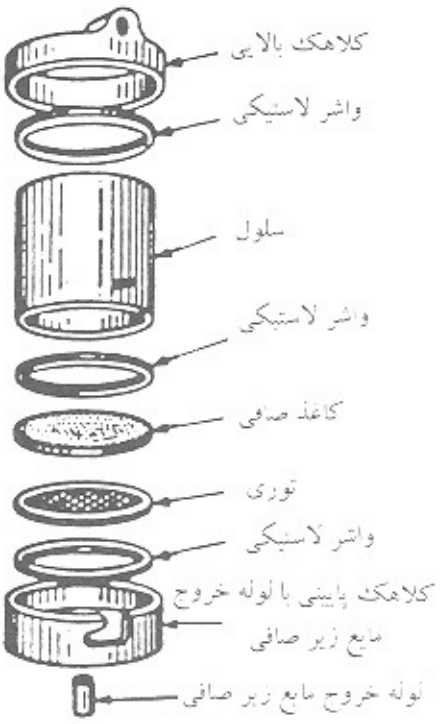
گل مورد استفاده در آزمایشها گل پایه آبی تهیه شده از آب و بنتونیت بوده است. پلیمر مورد استفاده به عنوان ماده افزودنی با نام تجاری DRISPAC LOT#۱۰۴ است. این پلیمر از خانواده اتر سلولوزی و از نظر ظاهری به صورت پودری با رنگ روشن و بدون بو است. در آب کاملا محلول بوده و وزن مخصوص آن (نسبت به آب) ۱/۶ است. این پلیمر از شرکت Drilling Specialties تهیه شده است.

دستگاهها

آزمایشهای موردنظر به وسیله دستگاه استاندارد موسوم به صافی فشاری انجام شد. اساس کار این ابزار بدین ترتیب است که گل به یک ظرف منتقل می‌شود و از بالا تحت فشار گاز قرار می‌گیرد که در نتیجه فاز آبی گل با عبور از یک صافی از آن جدا شده و حجم آن پس از خروج از ظرف با زمان اندازه‌گیری می‌شود. مقدار این حجم بیانگر میزان هرزروی گل در حین عملیات حفاری خواهد بود. فاز جامد موجود در گل نیز بتدریج یک لایه کیک مانند روی صفحه صافی تشکیل می‌دهد که ضخامت آن بیانگر رفتار دیواره‌سازی گل در چاه در حین حفاری است.

این وسیله مخصوص شامل یک استوانه فلزی با قطر داخلی ۳ ± ۰/۰۷ و ارتفاع ۲۵/۰ ± ۵ اینچ است که گل درون آن ریخته می‌شود. روی درب بالایی استوانه، یک سوراخ برای اعمال فشار قرار دارد. از این سوراخ هوا یا نیتروژن تحت فشار وارد استوانه می‌شود. آزمایش تحت فشار psia ۵±۱۰۰ انجام می‌شود. برای تامین این فشار می‌توان از منابع مختلفی از قبیل سیلندرهای هوا یا نیتروژن فشرده، کمپرسور هوا یا فشنگهای مخصوص دارای کربن دیوکسید مایع استفاده کرد. بر قاعده پایینی ظرف نیز یک مجرا برای خروج سیال تعبیه شده است. درون ظرف و روی این قاعده یک صفحه مشبک فلزی وجود





شکل ۲ - تصویری ساده از بخشهای مختلف یک دستگاه صافی فشاری

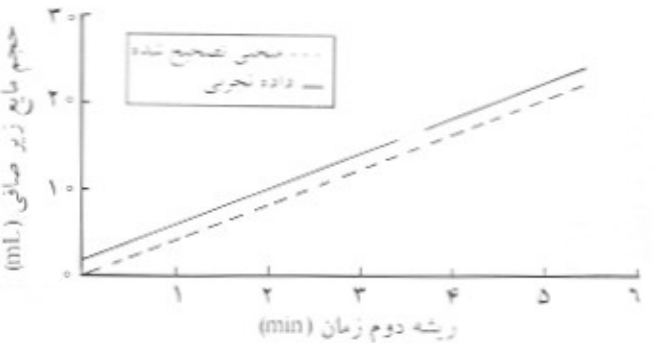
دارد که روی آن نیز یک صفحه کاغذ صافی مخصوص قرار می‌گیرد. شکل ۲ تصویری از یک دستگاه صافی فشاری را نشان می‌دهد. در اثر فشار حاصل از گاز فار مایع موجود در گل (آب) از کاغذ صافی و صفحه مشبک عبور می‌کند و سپس از سوراخ موجود در انتهای ظرف خارج می‌شود. سیال خروجی برای جمع‌آوری و اندازه‌گیری وارد استوانه مدرجی می‌شود که زیر سوراخ خروجی گذاشته شده است.

روشها

آزمایشها در دو بخش انجام شد. در بخش اول با تهیه گلهای بنتونیتی در غلظتهای متفاوت عملکرد بنتونیت در تنظیم رفتار هرزروی و دیواره‌سازی گل حفاری بررسی شد. غلظتهای بکار رفته بنتونیت در تهیه گل عبارت از ۴۳، ۴۹، ۵۷ و ۷۱ g/l بوده است که بیان آشناتر آن برای مهندسان حفاری به ترتیب معادل با ۱۵، ۱۷، ۲۰ و ۲۵ پوند بر بشکه است (معمولا با کمی تسامح، به جای غلظت گل از وزن گل استفاده می‌شود). مثلا، برای تهیه گل با وزن g/l ۴۳ مقدار g۱۵ از بنتونیت در ml ۳۵۰ از آب حل شد. این کار به وسیله یک همزن الکتریکی مخصوص که در آزمایشگاههای گل حفاری موجود است به مدت ۲۰ دقیقه انجام گرفت.

بخش دوم آزمایشها اختصاص به بررسی اثر پلیمر در تنظیم میزان هرزروی و رفتار دیواره‌سازی گل بنتونیتی با وزن g/L ۴۳ داشته است. بدین منظور ابتدا مقدار معینی از پلیمر در آب حل شد. این کار به وسیله یک همزن مغناطیسی معمولی انجام گرفت. برای تهیه یک محلول پلیمری یکنواخت در محدوده غلظتهای موردنظر در این پژوهش (تا غلظت ppm ۲۸۵۶) عمل هم زدن به مدت ۳ تا ۵ ساعت انجام شد. سپس، برای تهیه گل پلیمری با وزن g/L ۴۳، به وسیله همزن الکتریکی مخصوص g ۱۵ از بنتونیت در ml ۳۵۰ از محلول پلیمری تهیه شده در مدت ۲۰ دقیقه حل شد. غلظتهای مورد استفاده پلیمر در این آزمایشها عبارت از ۰، ۱۰۰، ۲۸۶، ۵۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ppm ۲۸۵۶ بوده است.

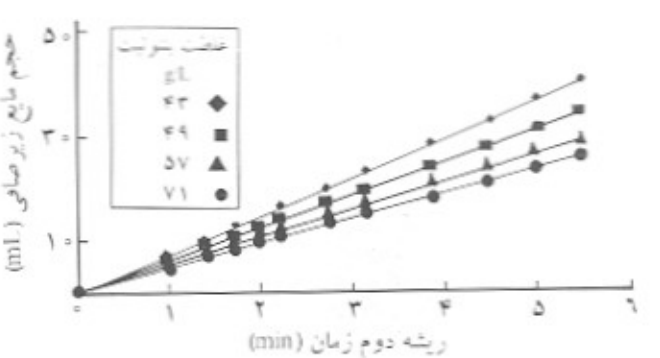
در حدود ml ۶۰۰ از گل تهیه شده به استوانه منتقل شد. درب بالایی ظرف محکم بسته شد و تحت فشار گاز قرار گرفت. حجم سیال صاف شده در پایان زمان ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۵/۷، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه برحسب میلی‌لیتر معین شد. بعد از ۳۰ دقیقه فشار برداشته شده و درب ظرف باز شد. سپس، گل اضافی دور ریخته شده و کیک بجای مانده روی کاغذ صافی با دقت از سیلندر خارج شد. سپس، با جریان ملایم آب سطح آن از گل اضافی تمیز و ضخامت آن با یک کولیس اندازه‌گیری شد. در این پژوهش، هر آزمایش چندبار تکرار و نتایج بعد از انجام تحلیل آماری گزارش شده است.



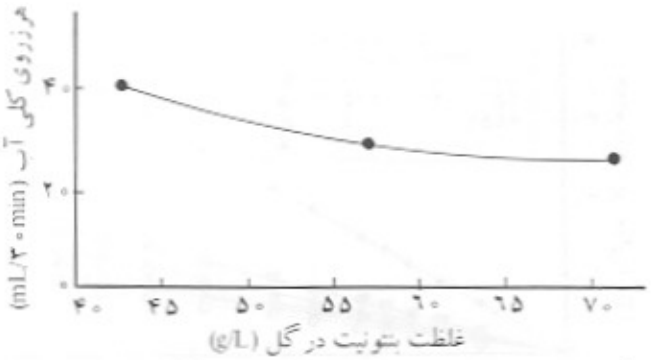
شکل ۳- روش تصحیح کردن میزان هرزروی آب در گل حفاری.

نتایج و بحث

معمولا شکل منحنی حاصل از رسم حجم آب جمع‌آوری شده نسبت به جذر زمان در محورهای مختصات کارتزین به صورت یک خط راست درمی‌آید [۱۳]. از این رو، نتایج بدست آمده از آزمایشهای انجام شده در این کار نیز به همین شکل نمایش داده می‌شوند، یعنی بعد از رسم نقاط آزمایشی درچنین نمودارهایی بهترین خط راست عبوری از بین نقاط انتخاب می‌گردد. نتایج آزمایشها نشان می‌دهد که ممکن است خط مستقیم حاصل دقیقا از مبدا مختصات عبور نکند. این بدان معناست که برای حجم سیال صاف شده در زمان صفر مقداری مثبت یا منفی بدست می‌آید. مقدار مثبت این حجم بیانگر مایع اضافی است که قبل از انجام آزمایش در صفحه صافی یا بخشهای دیگر دستگاه وجود داشته است، در حالی که مقدار منفی آن بیانگر بجای ماندن مقداری از مایع در صفحه صافی یا بخشهای دیگر دستگاه در حین انجام آزمایش خواهد بود. در این موارد با رسم یک خط راست که از مبدا محورهای مختصات و به موازات خط گذرانده شده از نتایج آزمایش رسم می‌گردد، نتایج آزمایش تصحیح می‌شود. شکل ۳ روش کار را نشان



شکل ۴- نمودار تغییرات مقدار هرزروی آب در گل حفاری برحسب غلظت بنتونیت در دمای $32^{\circ}C$.

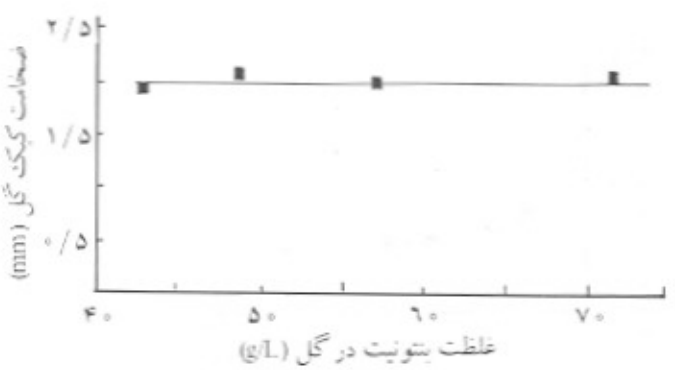


شکل ۵- نمودار تغییرات مقدار هرزروی کل آب برحسب غلظت بنتونیت پس از ۳۰ دقیقه و دمای $32^{\circ}C$.

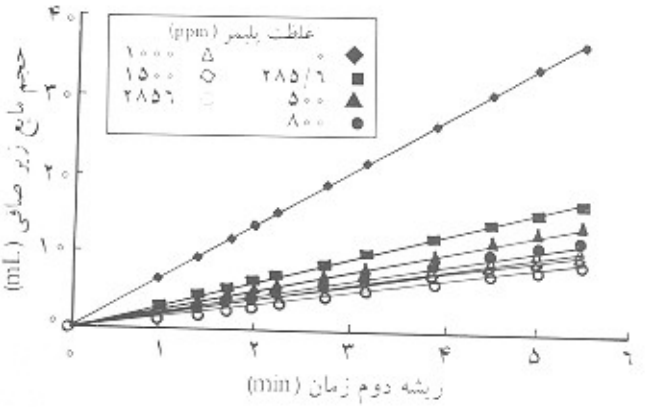
می‌دهد. نتایج ارائه‌شده در این مقاله پس از انجام این تصحیح گزارش شده‌اند.

رفتار گل بدون پلیمر

همان طور که قبلا گفته شد، از بنتونیت به عنوان یکی از افزودنیهای کنترل کننده هرزروی گلهای حفاری استفاده می‌شود. شکلهای ۴ تا ۶ نتایج حاصل از آزمایشهایی است که گل آنها عاری از پلیمر بوده است. مطابق شکل ۴ افزایش وزن بنتونیت مصرفی از ۴۱ تا ۷۱g/L هرزروی گل را کاهش داده است. با انتخاب مقدار کل هرزروی گل بعد از ۳۰ دقیقه از شروع آزمایش به عنوان معیار، شکل ۵ بطور مشخص‌تری می‌تواند عملکرد گل را به تصویر بکشد. مطابق این شکل بهبود رفتار گل تدریجی است و حتی کم‌کم آثار آن تضعیف می‌گردد تا جایی که ممکن است برای حصول مقادیر خیلی کم هرزروی، بنتونیت نتواند به اندازه کافی موثر باشد. اما، در زمینه خاصیت دیواره‌سازی گل حفاری نتایج بدست آمده بیانگر بی‌تاثیری بنتونیت بوده است. همان طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، ضخامت کیک گل در غلظتهای مختلف گل تقریبا ثابت بوده است.



شکل ۶- نمودار تغییرات ضخامت کیک گل برحسب غلظت بنتونیت در دمای $32^{\circ}C$.

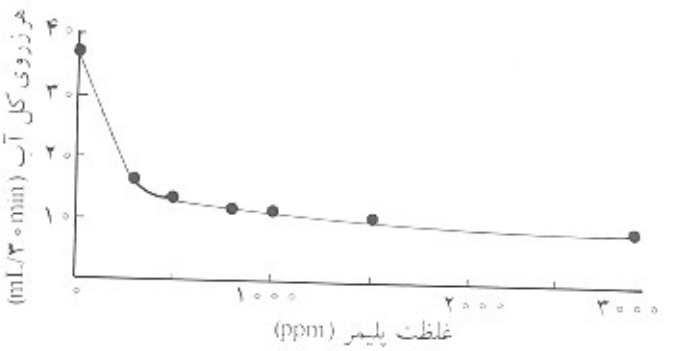


شکل ۷ - نمودار تغییرات میزان هرزروی آب در گل حفاری برحسب غلظت پلیمر در دمای $27^{\circ}C$.

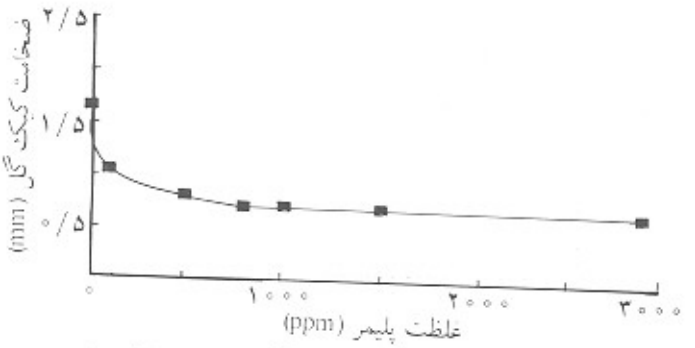
رفتار گل دارای پلیمر

آزمایشها نشان می‌دهد که افزودن پلیمر به گل بنتونیتی رفتار صاف شدن گل در چاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. این موضوع در شکلهای ۷ تا ۹ نشان داده شده است. مطابق شکل ۷ افزودن پلیمر به اندازه ppm ۲۸۶ به گل بنتونیتی با وزن g/l. ۴۳، تاثیر زیادی بر هرزروی گل داشته است. افزایش میزان پلیمر مصرفی این اثر را با شدت کمتری تقویت کرده است. در اینجا نیز از مقدار هرزروی کل به عنوان معیار مقایسه استفاده شده و نتایج در شکل ۸ نشان داده شده است.

مطابق این شکل افزایش پلیمر تا غلظتهای در حدود ppm ۸۰۰ بیشترین آثار را در بهبود رفتار صاف شدن گل حفاری داشته است و بعد از آن افزایش پلیمر مصرفی اثر چندانی نداشته است. از آنجا که نقش پلیمر در کاهش هرزروی آب مربوط به تشکیل ذرات کلوییدی و کمک به عمل پل زدن ذرات جامد موجود در گل است و با توجه به مقدار ذرات بنتونیت موجود در گل، مقدار معینی از پلیمر می‌تواند بر



شکل ۸ - نمودار تغییرات مقدار هرزروی کل آب در گل حفاری برحسب غلظت پلیمر پس از ۳۰ دقیقه و دمای $27^{\circ}C$.

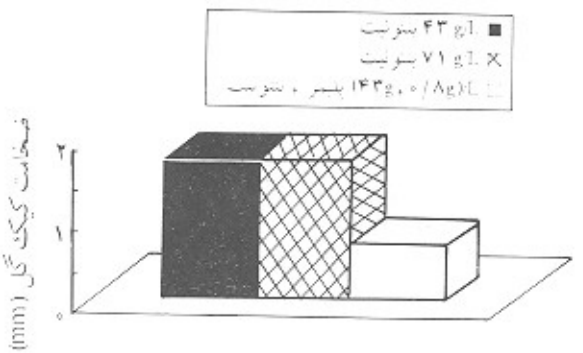


شکل ۹ - نمودار تغییرات ضخامت کیک گل برحسب غلظت پلیمر در دمای $27^{\circ}C$.

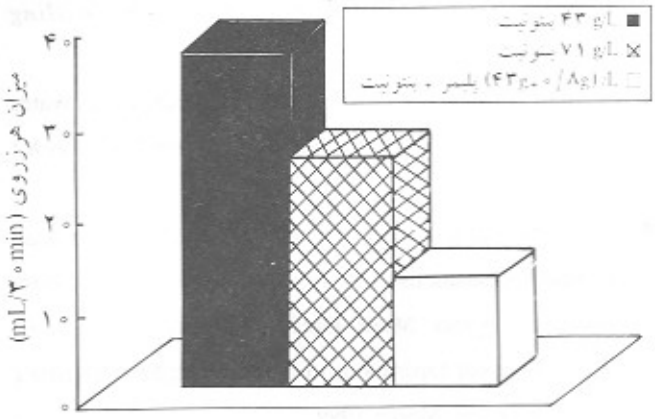
کاهش هرزروی آب موثر باشد و با افزایش مقدار بنتونیت موجود در گل مقدار پلیمر مورد نیاز نیز باید افزایش یابد. شکل ۹ نیز تاثیر این پلیمر را در کاهش ضخامت کیک گل نشان می‌دهد. در این مورد هم اثر پلیمر در غلظتهای کم بیشتر بوده است و مقادیر بیشتر از ppm ۸۰۰ پلیمر تاثیر چندانی در بهبود خواص گل نداشته است.

مقایسه‌ای بین عملکرد بنتونیت و پلیمر

معمولا حجم کل سیال صاف شده در طول زمان ۳۰ دقیقه (تحت فشار psi ۱۰۰) به عنوان معیار مناسبی برای مقایسه گلهای مختلف بکار می‌رود [۱۳]. در طی سالهای طولانی با استفاده از گلهای حفاری به صورت امروزی، پیشرفت چشمگیری در بهبود کیفیت گلهای حفاری و کاهش میزان هرزروی گل حاصل شده است، بطوری که در سالهای ۱۹۲۵ تا ۱۹۳۵ میلادی گلهایی که هرزروی کل آنها تا mL ۲۵ در ۳۰ دقیقه بود گلهای مناسبی درنظر گرفته می‌شد، اما بعدها چنین گلهایی جلب توجه نمی‌کردند. امروزه، گلهای خوب هرزروی کلی کمتر از ۸ میلی‌لیتر در ۳۰ دقیقه دارند [۱۴]. اگرچه مقدار هرزروی واقعی گل حفاری در حین عملیات حفاری به عوامل دیگری بجز نوع

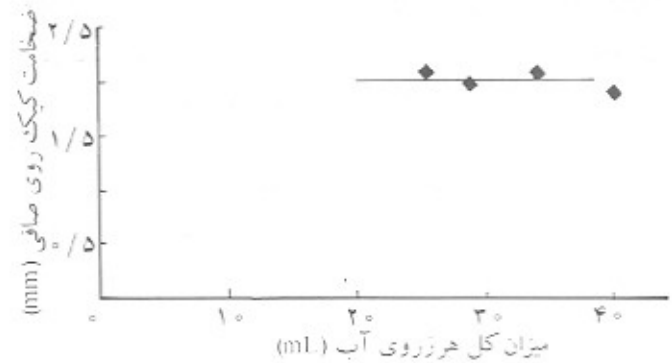


شکل ۱۰ - تغییرات ضخامت کیک گل در گلهای با ترکیب متفاوت.

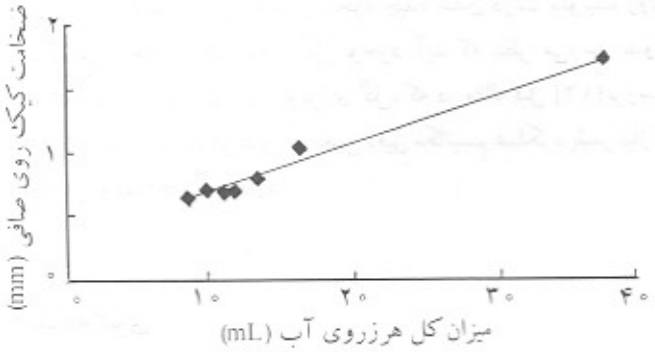


شکل ۱۱ - تغییرات مقدار هرزروی آب در گلها با ترکیب متفاوت.

گل از جمله نوع و جنس سازند نیز بستگی دارد، اما نتایج بدست آمده از آزمایش استاندارد بخوبی می‌تواند جهت مقایسه بکار رود. در شکل ۱۰ مقایسه‌ای بین این پارامتر برای سه حالت گلهای بدون پلیمر با غلظتهای ۴۳ و ۷۱g/L بنتونیت و گل دارای پلیمر با غلظت ۴۳g بنتونیت به علاوه ۰/۸ g پلیمر در لیتر انجام شده است. این شکل بخوبی عملکرد مطلوب پلیمر را نشان می‌دهد. در حالی که افزایش ۶۵ درصد به وزن گل بنتونیت تنها باعث ۳۲ درصد کاهش در هرزروی گل شده است، اما تنها ۲ درصد افزایش وزن گل بنتونیتی به وسیله پلیمر در حدود ۶۸ درصد کاهش مقدار هرزروی گل را به همراه داشته است. شکل ۱۱ نیز مقایسه مشابهی را بین عملکرد بنتونیت و پلیمر برای ساخت یک دیواره تا حد امکان نفوذناپذیر و با ضخامت کم در چاه نشان می‌دهد. مطابق این شکل در حالی که افزایش ۶۵ درصد به مقدار بنتونیت مصرفی هیچ تاثیری در خاصیت دیواره‌سازی گل نداشته است، اما تنها با افزایش ۲ درصد به وزن گل به وسیله پلیمر، ضخامت کیک به اندازه ۵۹ درصد کاهش یافته است. این آمار و ارقام بیانگر قابلیت زیاد



شکل ۱۲ - نمودار تغییرات مقدار هرزروی کل آب در گل حفاری برحسب ضخامت کیک روی صافی.



شکل ۱۳ - نمودار تغییرات میزان کل هرزروی آب برحسب ضخامت کیک روی صافی در گل دارای پلیمر.

این پلیمر در کنترل هرزروی و خاصیت دیواره‌سازی گل حفاری است. البته، بدیهی است که به دلایل اقتصادی استفاده از بنتونیت نسبت به پلیمر برتری دارد، اما در صورتی که ضخامت لایه کیک تشکیل شده در دیواره چاه یکی از محدودیتهای عملیات حفاری باشد یا غلظت بنتونیت مصرفی آن قدر زیاد باشد که دیگر عملا تاثیری در کاهش هرزروی گل نداشته باشد یا حتی استفاده زیاد از بنتونیت وضعیت وزنی گل درون چاه را نامناسب کند، پلیمر DRISPAC می‌تواند یک افزودنی مناسب برای حصول شرایط مطلوب باشد.

مسئله دیگری که در ارتباط با عملکرد این پلیمر و بنتونیت می‌تواند مورد توجه قرار گیرد آثار دو سویه و همزمان آنها بر کنترل دو خاصیت هرزروی و دیواره‌سازی گل است. شکلهای ۱۲ و ۱۳ این موضوع را بخوبی نشان می‌دهند. مطابق این شکلها افزایش غلظت بنتونیت تنها خاصیت اول را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اما پلیمر هر دو خاصیت را کنترل می‌کند. آنچه که شاید در شکلهای قبل بخوبی نمایان نبوده، این است که عملکرد پلیمر در میزان کنترل این دو خاصیت حتی در غلظتهای بالا نیز ادامه یافته است و اگرچه، همان‌طور که قبلا گفته شد، در این شرایط مقدار تاثیر بر این دو خاصیت قابل توجه نیست، اما همچنان نسبت تغییر در این دو خاصیت، که شیب خط در شکل ۱۳ مبین آن است، تقریبا ثابت باقی مانده است. این مسئله می‌تواند بیانگر این موضوع باشد که مکانیسم عملکرد پلیمر در کنترل این دو خاصیت گل یکسان است و کنترل یکی درواقع کنترل دیگری خواهد بود. بدین ترتیب، در مورد مکانیسم عملکرد پلیمر می‌توان گفت که با افزایش غلظت پلیمر در گل، لایه کیک تشکیل شده بر اثر پل زدن ذرات (شکل ۱) دارای نفوذپذیری کمتر و تراکم بیشتر می‌گردد. طبیعی است که وقتی اولین لایه‌های رسوب شده روی دیواره به اندازه کافی فشرده شده و نفوذپذیری آن کم شود مانع از عبور سیال و جذب بیشتر ذرات بنتونیت و در نتیجه افزایش بیشتر ضخامت لایه کیک می‌گردد. این رفتار

می‌تواند با تاثیرگذاری پلیمر در نحوه چیده شدن ذرات بنتونیت روی دیواره در حین صاف شدن گل بوجود آید که بنظر می‌رسد بدون ارتباط با آثار این پلیمر بر رئولوژی گل، که در مقاله قبل [۱۲] بررسی گردید نیز نباشد. درهر صورت تعیین دقیق مکانیسم عملکرد پلیمر نیاز به یک پژوهش جداگانه دارد.

نتیجه‌گیری

خلاصه نتایج بدست آمده از آزمایشها به شرح زیر است:

۱- افزایش غلظت بنتونیت در گل حفاری موجب کاهش هرزروی گل می‌شود. این خاصیت در غلظتهای بالا تضعیف می‌گردد.

۲- افزایش غلظت بنتونیت در گل حفاری (البته در محدوده غلظت آزمایشها) تاثیر چندانی در خاصیت دیواره‌سازی گل ندارد.

۳- استفاده از پلیمر DRISPAC به عنوان ماده افزودنی در گل بنتونیتی سبب کاهش زیاد در هرزروی گل می‌گردد. این رفتار درغلظتهای بیشتر از ۸۰۰ppm پلیمر چندان قابل توجه نبوده است.

۴- استفاده از پلیمر DRISPAC به عنوان ماده افزودنی در گل بنتونیتی سبب کاهش زیاد ضخامت لایه کیک تشکیل شده بر دیواره چاه می‌گردد. این رفتار در غلظتهای بیشتر از ۸۰۰ppm پلیمر چندان قابل توجه نبوده است.

۵- بنظر می‌رسد که مکانیسم عملکرد پلیمر در تنظیم این رفتارها عبارت از تاثیرگذاری در نحوه چیده شدن ذرات بنتونیت موجود در گل در هنگام پل زدن روی دیواره چاه است.

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., Polymer and their Use in the Oilfield; Southwestern Petroleum Short Course; Lubbock, Texax USA, 1976.
3. Plank J. P. nad Gossen F. A., " Visualization of Fluid-Loss Polymers in Drilling-Mud Filter Cakes", *SPE Drilling Engineering*, Sep. 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., Guarneri A., Maglione R., Nunzi P. and Xiao L.,New Formulations of Potassium Acetate and Potassium Formate Polymer Muds Greatly Improves 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. Ujnta K. H. W., Pressage A. G., and Plank J. P., "A New Calcium-Tolerant Polymer Helps to Improve Drilling Mud performance and to Reduce Costes", *SPE Drilling Eng. J.*; 41-6, March 1989.

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

۹- 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 کنگره ملی مهندسی شیمی، اهواز، ۱۳۷۶.

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

۱۱- 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.

۱۲- سالاریه مجید و خراط ریاض،، بررسی کاربرد پلیمر DRISPAC برای تغییر رفتار رئولوژیکی گل حفاری، مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۷۹.

13. Carl Gatlin, "Petroleum Enginering", *Drilling and Well Completions*, Prentic-Hall INC, 1960.
14. Water F. Rogers; *Composition and Properties of Oil Well Drilling Fluids*; Gulf Publishing Company, 318, 1963.