

## گل حفاری

### Effect of DRISPAC Polymer on the Rheological Behaviour of Drilling Mud

مجید سالاریه، ریاض خراط

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

دریافت: ۱۳۹۴/۴/۲۹ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۲۹

#### 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 مورد نظر، مواد متوعی از جمله پلیمرها بدان افزوده می شود. در این مطالعه آثار افزودن پلیمری با نام حفاری DRISPAC به گل حفاری پایه آبی بتولیت در غلظتهای مختلف بر خواص مهم و رفتار گل مانند الگوی جریان، گرانروی مؤثر، گرانروی پلاستیک، نقطه تسلیم و استحکام زل مطابق با مدل پلاستیک ینگهام و شبه پلاستیک بررسی می شود. نتایج حاصل از آزمایشها نشان می دهد که این پلیمر افزودنی مناسبی برای بهبود گرانروی مؤثر، گرانروی پلاستیک، نقطه تسلیم و استحکام زل است، اما خاصیت شبه پلاستیک گل را کاهش می دهد.

واژه های کلیدی: گل حفاری، پلیمر، رئولوژی، استحکام زل، گرانروی پلاستیک، نقطه تسلیم

*Key Words: drilling mud, polymer, rheology, gel strength, plastic viscosity, yeild point*

#### مقدمه

گل حفاری علاوه بر خارج کردن قطعات سنگ حاصل از حفاری، نقشهای متعددی دیگری نیز به عهده دارد که عمده آنها عبارتند از سد کردن، وارون کردن مته و رشته حفاری، جلوگیری از ریزش دیواره های 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 می رود، تهیه گل مناسب بسیار مهم و تا حدودی پیچیده است. معمولاً، برای حصول رفتار مورد نظر مواد متوعی به گل پایه افزوده می شود. پلیمرها گروه مهمی از این افزودنیها بشمار می روند [۷-۱۱]. سالیانه که از پلیمرها در مراحل مختلف حفاری، تکمیل، تعمیر و بهره برداری از چاههای نفت و گاز و نیز در فرایندهای ازدیاد برداشت استفاده می شود. اغلب پلیمرهای مصرفی در بخشهای مختلف صنعت نفت را کوپلیمرهای خطی و شاخه ای محلول در آب

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 اصطلاحاً به آنها پیت گفته می شود، به داخل چاه پمپ می گردد. گل در چاه از درون لوله های حفاری که قطر ثابتی دارند به سمت پایین حرکت می کند و سپس از طوق مته می گذرد و از فواره های آن با سرعت زیاد خارج می شود. در فضای حلقوی بین لوله و دیواره چاه، گل ضمن حمل قطعات سنگ حاصل از حفاری با سرعت نسبت کمی به سمت بالا جریان می یابد. سپس، در بالای چاه در تجهیزات تصفیه و بازیابی گل، ناخالصی آن جدا شده و وارد پیتها می شود. این گل دوباره به وسیله پمپ وارد سیستم گردش می گردد.

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

اثر بر	مشخصات اصلی
گرانروی	وزن مولکولی
استحکام زل	وزن مولکولی و ساختار شاخه‌ای زیاد
گرانروی در محلول نمکی	وزن مولکولی زیاد و نوع غیر یونی یا شدت آنیونی استخلاف شده
گسستگی 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 غیر آبدوست روی یک مولکول
کاهش هرزروی آب	تشکیل ذرات کلویدی از طریق عمل پل بستن یا ذرات جامد

تشکیل می‌دهند [۳۸].

پلیمرهای مورد استفاده در تهیه گشلهای حفاری، که عمدتاً ترکیبات آلی هستند، برحسب منشاء و ساختار به انواع پلیمرهای طبیعی و سنتزی تقسیم می‌شوند. نقش ویژه‌ای که بک 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 تجاری 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 گشاهی 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 یا بیگنیم پلاستیک) گل، گرانروی، گرانروی پلاستیک، نقطه تسلیم، خاصیت تخلیق، استحکام زل و هرزروی آب بکار گرفته می‌شود. امروزه، بکارگیری وسیع پلیمرها در صنعت حفاری پتانسیل مفید و به صرفه بودن آن است. اما متأسفانه در کشور ما از سالها قبل استفاده از پلیمرها در تهیه گشلهای حفاری، محدود به چند نوع خاص بوده است. از این رو، نظر می‌رسد شناخت پلیمرهای مختلف و آثار آنها بر رفتار گل حفاری برای مهندسان صنعت حفاری می‌تواند موضوع مفیدی باشد. در مقالات پیشین [۹-۱۲] آثار و انواع 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 کاملاً 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 گرانروی سنج 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 (با سرعت برش) متناسب با گرانروی سیال است. اگر N مقادیر معین شده سرعتهای زاویه‌ای انتخابی و N<sub>0</sub> میزان انحراف عقربه که متناسب با تنش برشی حاصل در سرعت زاویه‌ای مورد نظر باشد، با استفاده از معادله‌های زیر می‌توان بعضی از خواص گل را محاسبه کرد:

$$PV = \theta_{p_{\infty}} - \theta_{p_{00}} \quad (1)$$

$$YP = \theta_{p_{\infty}} - PV \quad (2)$$

که در آن PV گرانروی پلاستیک برحسب CP و YP نقطه تسلیم گل برحسب  $\text{lb}_f/\text{ft}^2$  است.

#### روشها

برای انجام آزمایشها نمونه‌هایی از گل بتونیت با غلظت  $2.0 \text{ lb/barrel}$  ( $57 \text{ kg/m}^3$ ) 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.

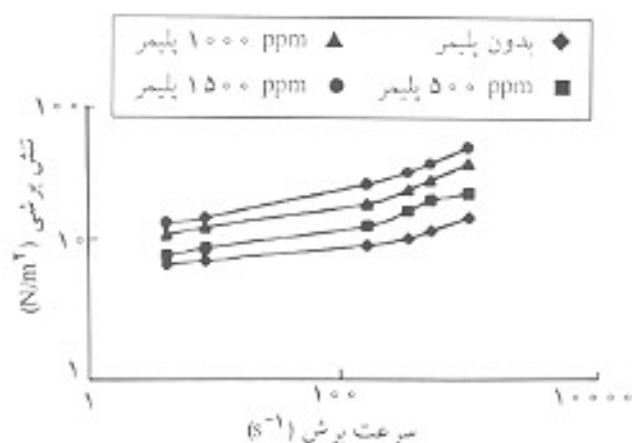
$$SS = K(SR)^n \quad (3)$$

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

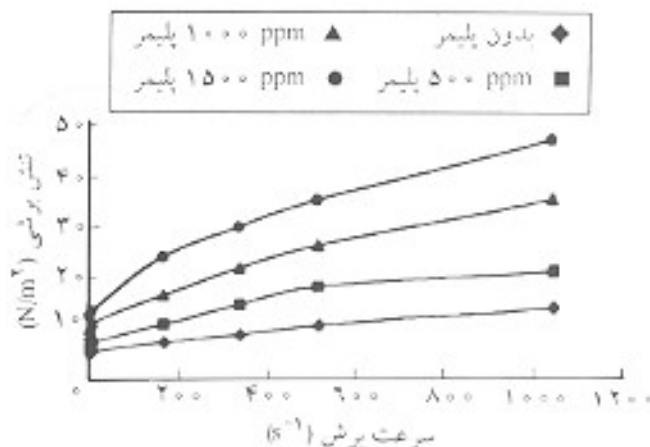
شکل‌های ۱ و ۲ نتایج رسم شده حاصل از آزمایشهای Fan-VG meter در مختصات کارترین و لگاریتمی است. همان‌طور که اشاره شد، این دو شکل بترتیب برای بررسی الگوهای جریان بینگهام پلاستیک و شبه پلاستیک بکار می‌روند. شکل ۲ نشان می‌دهد که رفتار گل‌های پلیمری در مختصات لگاریتم به صورت یک خط شکسته است.

#### مولاروی موثر

از مهم‌ترین ویژگیهای یک سیال غیرنیوتنی مانند گل حفاری نحوه وابستگی گرانروی آن به تنش برشی است که سیال تحت آن قرار می‌گیرد. قبلاً 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. مثلاً، گرانروی گل با تأثیری که بر عدد رینولدز دارد بر رژیم جریان سیال اثر می‌گذارد و بدین ترتیب بازده عمل حمل خرده قطعات حاصل از حفاری از ته چاه به بالا را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین، گرانروی زیاد گل در سرته، لایه روان‌کننده مولاری در محل تماس دندانه‌های مته و سنگ



شکل ۲- اثر پلیمر بر رئولوژی گل.



شکل ۱- اثر پلیمر بر رئولوژی گل.

#### نتایج و بحث

##### الگوی جریان

معمولاً 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) در نظر 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. معمولاً رفتار گل‌های حفاری ساده‌گی آنچه که گفته شد نیست، بطوری که مدل بینگهام پلاستیک رفتار جریانی گل را فقط در محدوده کمی از مقادیر سرعت برش (۵۱۱ تا  $10^{12} s^{-1}$ ) 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 سرتهای متفاوتی پیدا می‌کند، نقشهای متعدد و گاه متضادی را نیز باید به عهده بگیرد. مثلاً، در حالی که انتظار می‌رود طی عبور گل از فواره‌های مته، گرانروی آن به حداقل مقدار ممکن برسد، اما به محض ورود به فضای حلقوی چاه باید با داشتن گرانروی زیاد شرایط مناسبی برای حمل قطعات سنگ داشته باشد. این ویژگی، یعنی رقیق بودن در سرتهای زیاد و غلیظ بودن در سرتهای کم را خاصیت شبه پلاستیک یا رقیق شدن برشی (shear thinning) 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:

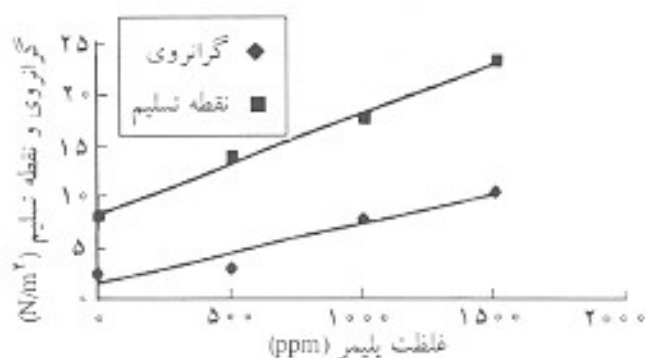
سازندها بر سرعت نفوذ مه موثرند.

شکل ۴ اثر افزایش این پلیمر را بر خواص گرانروی پلاستیک و نقطه تسلیم گِل نشان می‌دهد. مطابق این شکل استفاده از این پلیمر در گِل بتونیت به عنوان یک ماده افزودنی سبب افزایش این خواص بطور خطی  $10 \times 10^4 \text{ dy/cm}^2$  می‌گردد. به علاوه، نقطه تسلیم گِل در مقایسه با گرانروی پلاستیک آن حساسیت بیشتری نسبت به غلظت پلیمر نشان می‌دهد.

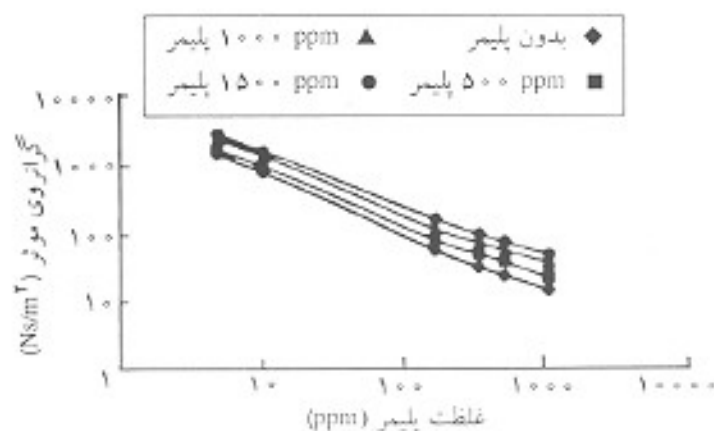
#### استحکام زل

استحکام زل یک سیال بیانگر حداقل تنش برشی مورد نیاز برای ایجاد حرکت لغزشی آن بر حسب  $10 \times 10^4 \text{ dy/cm}^2$  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 زل اثر می‌گذارد و از این رو، این دو خاصیت با هم ارتباط دارند. استحکام زل برخلاف نقطه تسلیم متأثر از زمان است، یعنی بیانگر افزایش مقدار این نیروها با گذشت زمان در شرایط سکون است که علت این رفتار خاصیت زل‌گرایی سیال است. این نیروهای ضعیف در شرایط سکون با شروع جریان از بین می‌روند.

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



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



شکل ۳- اثر پلیمر بر گرانروی موثر گِل.

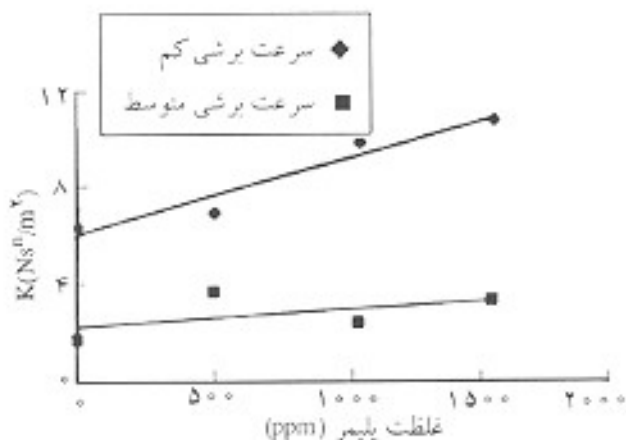
ایجاد می‌کند که در افزایش عمر مه موثر است. اما، افزایش توان مورد نیاز برای پمپ کردن، کاهش سرعت نفوذ مه و افزایش زمان تمیز کردن چاه از جنبه‌های منفی است. استفاده از پلیمرها یکی از راههای تنظیم رفتار گرانروی گِل حفاری است.

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

#### گرانروی پلاستیک و نقطه تسلیم

گرانروی پلاستیک گِل، معیاری برای اندازه‌گیری میزان مقاومت داخلی جریان سیال است که بر اثر ذرات جامد موجود در آن ایجاد می‌شود. بنظر می‌رسد این خاصیت صرفاً ناشی از آثار مکانیکی موجود در سیستم و متأثر از تعداد، اندازه و نوع ذرات موجود در فاز مایع است. البته، جامدات موجود در سیال علاوه بر این خاصیت بر نقطه تسلیم گِل هم اثر می‌گذارند. نقطه تسلیم گِل نیز معیاری برای مقاومت داخلی سیال در برابر شروع جریان است. این مقاومت به وسیله نیروهای الکتریکی، که ذرات کلوئیدی موجود در گِل 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 نه چاه و سرعت نفوذ مه اثر می‌گذارد.

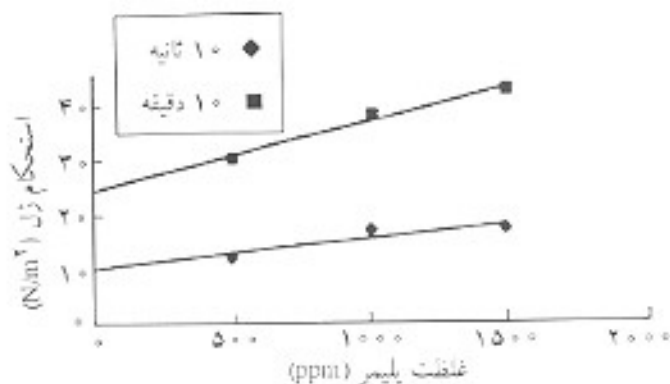
گرانروی پلاستیک و نقطه تسلیم گِل از مهم‌ترین خواصی هستند که ضمن تأثیر بر یکدیگر در محاسبات هیدرولیک عملیات حفاری مانند افت فشار سیال، توان مورد نیاز پمپ و در بسیاری از



شکل ۷- اثر پلیمر بر شاخص همخوانی گسل در محدوده‌های مختلف سرعت برشی.

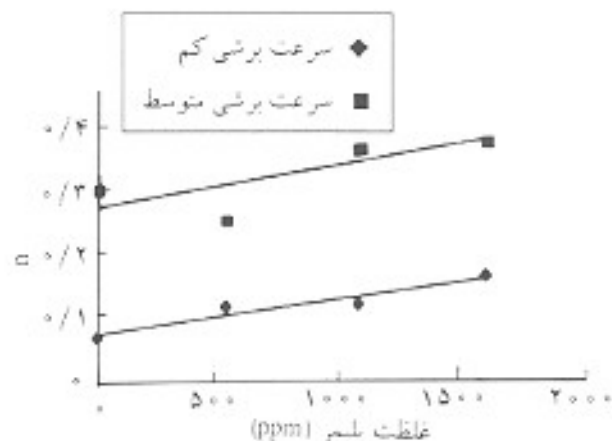
نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری خواص استحکام زل گسل پلیمر دار در شکل ۵ نشان داده شده است. همان گونه که دیده می‌شود، افزایش غلظت این پلیمر در گسل سبب بالا رفتن خواص استحکامی آن می‌گردد و در این میان استحکام زل ده دقیقه در مقایسه با استحکام زل ده ثانیه حساسیت بیشتری به غلظت پلیمر دارد. به عبارت دیگر، با افزایش غلظت پلیمر در گسل تفاوت بین این دو کمیت، که بیانگر خاصیت زل‌گرایی گسل 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 زلی ضعیفی دارد، ضمن اینکه با زیاد کردن استحکام زل ۱۰ دقیقه آن خاصیت تعلیق گسل را بهبود می‌بخشد، به علت آثار نسبتاً کمی که بر استحکام زل ۱۰ ثانیه (استحکام زل اولیه) دارد بر عملیات بازیابی گسل در سر چاه نیز آثار منفی محسوسی نمی‌گذارد.

همان‌طور که قبلاً گفته شد، یکی از خواص مهمی که لازم است گسل حفاری داشته باشد رفتار شبه پلاستیک یا رفیق شدن برشی آن است و معمولاً یکی از روشهای افزایش این خاصیت در گسل استفاده از پلیمرهاست. برای بررسی چگونگی اثر پلیمر مورد مطالعه در این پژوهش بر این خاصیت گسل، با استفاده از رابطه قانون توانی پیش گفته، 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 نسبتاً زیاد، افزودن این پلیمر نه تنها کمکی به تقویت رفتار شبه پلاستیک گسل نمی‌کند، بلکه با اثر افزایشی که بر توان  $n$  می‌گذارد این رفتار گسل را تضعیف می‌کند. البته، همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، آثار این پلیمر در سرعت‌های کم قابل صرف‌نظر کردن است و تاثر بیشتر پلیمر در سرعت‌های نسبتاً زیاد است. در هر حال، به دلیل وجود رفتار شبه پلاستیک در گسل، کاهش گرانروی آن در مقاطع دارای سرعت‌های بسیار زیاد مانند محل فواره‌های



شکل ۵- اثر غلظت پلیمر بر استحکام زلی گسل.

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



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

2. Tiner R., *Polymers and their Use in the Oilfield*; Southwestern Petroleum Short Course, 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*, 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. 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 Imhibition 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-Tolerant 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.
9. 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 گنگره 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.

ته است. از شکل ۶ می توان این نتیجه را گرفت که از این نظر پلیمر یاد شده کارایی خوبی ندارد. در مورد شاخص همناوختی گل نیز افزایش پلیمر در محدوده سرعت های نسبتا زیاد سبب افزایش این پارامتر می شود، اما این تاثیر در محدوده سرعت های کم قابل چشمپوشی کردن است.

## نتیجه گیری

۱. خلاصه نتایج بدست آمده از گل بتونیت با غلظت ۲۰ lb/barrel به همراه پلیمر DRISPAC در غلظت های مورد آزمایش به شرح زیر است:
- ۱- مدل بینگهام پلاستیک در محدوده سرعت های نسبتا زیاد و مدل شبه پلاستیک در دو محدوده سرعت کم و نسبتا زیاد بطور مجزا رفتار جریان گل پلیمر دار را پیش بینی می کند.
- ۲- این پلیمر می تواند 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 می شود.
- ۴- این پلیمر ضمن زیاد کردن استحکام ژل ۱۰ دقیقه گل خاصیت تعلیق آن را بهبود می بخشد 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 غلظت های کم، خاصیت ژل گرایی گل زیاد می شود.
- ۶- استفاده از این پلیمر در گل بویژه در سرعت های برش بیشتر سبب کاهش خاصیت شبه پلاستیک یا رقیق شدن برشی گل می شود.
- ۷- با افزایش غلظت پلیمر، در گل در محدوده سرعت های برش نسبتا زیاد شاخص همناوختی گل نیز افزایش می یابد. این تاثیر در محدوده سرعت های 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.