Archive of SID

اثر حرارت و آلاینده‌های (Ca^{++} ، Mg^{++}) روی گل پلیمری XC ، PHPA در شرایط واقعی چاه

حمید سلطانیان

فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد گروه مهندسی معدن- دانشکده فنی - دانشگاه تهران

جمال رستمی

استادیار گروه مهندسی معدن- دانشکده فنی- دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۸۰/۱۰/۳ ، تاریخ تصویب ۸۱/۷/۲۰)

چکیده

با توجه به پیشرفت علوم به ویژه تکنولوژی گل حفاری و نیز هزینه‌های زیادی که در آنها صرف می‌شود، بهینه سازی و کنترل خواص سیالیت گل‌های حفاری جهت افزایش راندمان گل حفاری و کاهش هزینه‌های مربوطه با توجه به پیشرفت علوم بویژه مواد جدید و درک بهتر فرایند حفاری و همچنین قابلیت مدل‌سازی فیزیکی و کامپیوتری امری ضروری می‌باشد.مشخصات فیزیکی و کارآیی گلهای متداول در حفر چاههای عمیق تحت دما و آلاینده‌های زیاد تغییر نموده و گل قادر به انجام وظایف اصلی در حمل مواد حفر شده نمی‌باشد، جهت تصحیح این خواص می‌توان از راههای مختلفی استفاده نمود و یکی از روشهای بهبود خواص گلها استفاده از پلیمرها در گل حفاری می‌باشد.در این مقاله تأثیر دو نوع پلیمر XC و PHPA بر رفتار رئولوژیکی و فیزیکی گل پایه آبی و تاثیر دما بر روی گل بنتونیتی و گل‌های پلیمری (تهیه شده با آبهای مختلف) و همچنین تاثیر دو نوع آلاینده $CaCO_3$ و $MgSO_4$ (که اصولاً همراه با آب دریا هستند و یا از طریق سیمان کاری چاه و سازندها وارد گل می‌شوند) بر رفتار و خواص گل مذکور مورد مطالعه قرار می‌گیرد. برای ایجاد شرایط واقعی چاه و امکان اعمال فشار و دمای بالا، از دستگاه گرانروی سنج دوار Fann مدل C ۵۰ در آزمایشات و مطالعات رئولوژی استفاده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج بدست آمده از آزمایشات نشان می‌دهد که پلیمرهای XC و PHPA در مقابل نمکهای محلول در سیستم ایجاد گرانروی کرده و در برابر انواع آلودگی‌ها مقاوم می‌باشند و در سرعت برشی بالا، مشخصات اولیه گرانروی را حفظ می‌نمایند. همچنین افزایش دما در گل بنتونیتی باعث افزایش تنش برشی و در گل‌های پلیمری XC و PHPA باعث کاهش آن می‌گردد و فقط در گل پلیمری XC تهیه شده با آب نمک اشباع تغییرات گرانروی از روند مشخصی تبعیت نمی‌کند.

واژه‌های کلیدی: گرانروی، تنش برشی، افت صافی، نقطه واروی

مقدمه

تجارب گذشته حفاری نشان می‌دهد که گل حفاری بنتونیتی به رغم کنترل و ایجاد خواص سیالیت، در شرایطی خاص قادر به حفظ خواص مطلوب نبوده و بعضاً موجب ایجاد اشکالاتی در امر حفاری و کاهش راندمان آن می‌شود. افزایش سرعت حفاری نیاز به سیالی دارد که در سرعتهای برشی و حرارت زیاد (در انتهای ستون حفاری و نازلهای سر مته حفاری)از کمترین گرانروی و در فضای حلقوی از گرانروی بهینه برخوردار باشد تا بتوانند تراشه‌های حفاری را به بیرون چاه هدایت نموده و هنگام توقف عملیات، با حفظ گرانروی از ریزش و بازگشت تراشه‌ها به پشت سرمته جلوگیری نماید. همچنین گل حفاری ایده‌آل می‌بایست در برابر آلودگی‌های مختلف مخصوصاًکلسیم و منیزیم پایدار باشد [۲].

محدودیتهای فراوان و عدم کارآیی مناسب گل‌های حفاری بنتونیتی موجب میشود سیالات دیگری بعنوان جایگزین آنها مد نظر قرار گیرند. از اینرو استفاده از گل‌های پلیمری

مورد مطالعه و آزمایش قرار گرفته است که علاوه بر ایجاد گرانروی در سیستم، در برابر آلودگی‌های مختلف پایدار و بخوبی افت صافی را کنترل می‌نماید. گل‌های پلیمری ممکن است فقط از پلیمرها و مواد وزن افزا ساخته شده باشند و یا برای رسیدن گل به مقداری مناسب از نظر

www.SID.ir

Archive of SID

ویسکوزیته و قدرت ژله‌ای ، از مقداری بنتونیت پیش هیدراته (به دلیل کاهش هزینه و بهبود وضعیت افت صافی) استفاده شود [۷].

پلیمرهائی که در گل حفاری استفاده می‌شوند

۱- پلیمرهای بسط دهنده

که شامل سدیم پلی اکریل هستند. معروفترین این نوع پلیمر، پلی اکریل آمید بطور جزئی هیدرولیز شده (PHPA) می‌باشد.

۲- پلیمرهای کلوئیدی

شامل سدیم کربوکسی متیل سلولز (CMC) و هیدروکسی اتیل سلولز (HEC) و نشاسته است.

۳- پلیمرهای با زنجیره طولانی

که از پلیمرهای حیوانی بوده و بخوبی در آب حل می‌گردند. معروفترین آن زانتان (XC) است. پلیمرها در بیشتر انواع گل‌های حفاری برای کنترل خواص ویسکوزیته، افت صافی، بعنوان منعقد کننده، پراکنده کننده، بازدارنده شیل و همچنین جهت روانکاری استفاده می‌شوند [۱۰].

ساختار پلیمرهای XC و PHPA

ساختار این پلیمرها به صورت خطی، شاخه‌دار یا مشبک رده‌بندی می‌شود. پلیمرهای خطی شامل CMC (کربوکسی متیل سلولز)، PHPA (پلی اکریل آمید هیدرولیز شده جزئی)، HEC (هیدروکسی اتیل سلولز) و پلیمرهای شاخه‌دار شامل نشاسته و صمغ گزانتان می‌باشد[۸].

زانتان (XC) یک پلیمر طبیعی، محلول در آب بوده و دارای ساختار شاخه‌ای با وزن ملکولی ۳-۲ میلیون و بصورت آنیونیک می‌باشد. پلیمر زانتان، ساختارهای ژل مانند ایجاد می‌کند و هرچه برش زیاد باشد ویسکوزیته آن کاهش پیدا می‌کند[۱] . وقتی عمل برش متوقف می‌شود ویسکوزیته اولیه آن دوباره بازیافت می‌شود. در سرعتهای بالای برش، ویسکوزیته گل کاهش می‌یابد و در سرعتهای کم برش باندهای هیدروژنی دوباره تشکیل می‌شود و چسبندگی دوباره افزایش پیدا می‌کند. غلظت مورد استفاده از زانتان برای ایجاد خصوصیات تیکسوتروپیک بستگی به آب مورد استفاده دارد. زانتان ویژگیهای متعددی دارد که آنرا بصورت یک پلیمر ایده‌آل برای حفاریهای

www.SID.ir

Archive of SID

بدون رس و بهبود کار گل‌های حفاری در آورده است[۸].

PHPA اغلب برای معرفی پلیمر پلی اکریل آمید- پلی اکریلات بکار می‌رود و محصول نهائی آن پلیمری است که از پلیمریزاسیون پلی اکریل آمید- پلی اکریلات حاصل می‌شود. خصوصیات PHPA تابعی از وزن ملکولی و نسبت گروه کربوکسیل به گروه آمید می‌باشد. پلی اکریل آمید به تنهایی در آب نامحلول است، بنابراین باید با اکریلات سدیم کوپلیمر شود تا در آب قابل حل گردد. نسبت پلی‌اکریلات سدیم به اکریل آمید در شروع پروسه نسبت دو گروه فعال را در پلیمر بدست آمده تعیین می‌کند. با توجه به اتصال کربن- کربن، این پلیمر پایداری حرارتی بالا داشته و در برابر باکتری مقاوم است. بعلاوه از آنجا که PHPA آنیوتیک است می‌تواند تحت تاثیر سطوح کاتیونی مانند سطوحی که در رس وجود دارد قرار گیرد[۱۲].

آلاینده‌ها

آلوده کننده به موادی اطلاق می‌شود که بطور ناخواسته وارد سیستم گل شده و تغییراتی در خواص سیالیت آن ایجاد می‌کنند (مانند یونهای کلسیم و منیزیم)، بطور خلاصه میتوان منشاء آلودگی‌های سیستم گل حفاری را به شرح زیر بیان کرد [۳].

۱- آلودگی ناشی از سیمان کاری چاه

۲- آلودگی ناشی از مواد شیمیایی که برای بهبود گل حفاری به آن افزوده می‌شوند.

۳- آلودگی ناشی از مواد جامد سازندهای در حال حفاری مانند سنگهای گچی و رسی.

برای بررسی اثر یون‌های کلسیم و منیزیم روی گل‌های پلیمری XC و PHPA آزمایشاتی با مقادیر مختلف از $CaCo_3$ و $MgSo_4$ انجام شده است.

هدف اصلی این مطالعه، بررسی پلیمرها در شرایط دمای بالا و در حضور آلاینده‌های (Ca^{++} ، Mg^{++}) می‌باشد تا بتوان پلیمر مناسبی (از میان پلیمرهای مختلف) که در شرایط فوق مقاوم بوده و همچنین بتواند خواص سیال را در حد مطلوبی نگه دارد مشخص و انتخاب گردد. لذا پلیمرهای PHPA و XC مختلفی را که توسط شرکتهای بارویدNبیکرNمگوبار و MI تولید شده بطور مجزا مورد آزمایش قرار

www.SID.ir

Archive of SID

گرفته و از بین آنها بهترین نوع PHPA و XC (تولید شده از شرکت بیکر)را که در درجه حرارت بالا و در حضور آلاینده‌ها توان حفظ خواص خود را دارند انتخاب و آزمایشات تکمیلی بر روی این دو نوع پلیمر ادامه یافت.

در صنعت نفت ایران این تحقیقات برای اولین بار مورد مطالعه قرار گرفته و در سایر کشورها نیز تنها استفاده از این مواد پلیمری بطور محدود در حال مطالعه و انجام است.

تجهیزات و مواد مورد استفاده

تجهیزات مهم مورد استفاده عبارتند از:

۱- گرانروی سنج دوار مدل ۳۵

اطلاعات دقیق‌تر درباره گرانروی و کنترل آن را می‌توان بوسیله دستگاه گرانروی سنج دوار، بدست آورد. این دستگاه که گرانروی را برحسب سانتی پویز، اندازه‌گیری می‌کند، می‌تواند دلیل غیر عادی بودن و علت تغییرات گرانروی را هم تعیین کند. گرانروی سنج دوار همچنین می‌تواند، استحکام ژله‌ای (قدرت ژله‌ای شدن) گل، را هم اندازه‌گیری کند. بطور کلی گرانروی سنج دوار در مطالعه سیالات کمپلکس[۲]، نظیر آنها که از خود آثار تیکسوتروپیک[۳] نشان می‌دهند بکار می‌رود. در این دستگاه، سیال مورد آزمایش در فضای حلقوی بین دو استوانه هم محور، محصور شده و همواره تحت یک نرخ نیروی برشی یکنواخت و دقیق قرار می‌گیرد. استوانه توخالی بیرونی، با سرعت دورانی ثابت به گردش در می‌آید و گشتاور ناشی از نیروی بازدارنده گرانروی سیال که در اثر چرخش استوانه بیرونی ایجاد می‌شود، روی استوانه توپر درونی اعمال می‌شود. این گشتاور بوسیله یک فنر حلزونی گرد، بالانس می‌شود. انحراف عقربه را (که ناشی از گشتاور وارد بر استوانه درونی است) هم می‌توان، مستقیماًروی یک صفحه مدرج منتقل کرد و هم می‌توان آنرا روی یک دستگاه ثبات، ثبت نمود. در گرانروی سنج، اندازه تنش برشی متناسب با دور بر دقیقه استوانه خارجی می‌باشد. گرانروی سنج دوار در نمونه‌ها و مدلهای مختلفی عرضه شده است. رایج‌ترین آنها VG meter مدل ۳۵ ساخت کارخانه فن می‌باشد که در آزمایشگاه از آن استفاده می‌شود. این مدل

www.SID.ir

Archive of SID

می‌تواند در شش سرعت ۳، ٦، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ٦۰۰ دور در دقیقه کار کند[٤].

شکل ۱: دستگاه گرانروی سنج دوار مدل ۳۵ .

۲- گرانروی سنج دوار مدل ۵۰C

این مدل از نظر نحوه طراحی شبیه مدل ۳۵ است. با این برتری که با استفاده از این دستگاه می‌توان شرایط واقعی چاه یعنی درجه حرارت و فشار بالا را بر روی نمونه اعمال و تغییرات ویسکوزیته را برحسب شدت برش بدست آورد [٤].

شکل ۲ : دستگاه گرانروی سنج دوار مدل ۵۰ سی .

۳- دستگاه فیلتر پرس

با استفاده از این دستگاه می‌توان مقدار افت صافی سیال را در شرایط استاندارد تعیین کرد. موادی که در آزمایشات مورد استفاده قرار گرفتند شامل بنتونیت، رس نمکی، آب مقطر، آب دریا، آب نمک اشباع، پلیمر XC ، پلیمر PHPA ، کربنات کلسیم و سولفات منیزیم می‌باشد.

مدل پلاستیک بینگهام

مدلی که اغلب برای نشان دادن خواص جریان یک گل حفاری مورد استفاده قرار می‌گیرد، مدل پلاستیک بینگهام است. این مدل نشان می‌دهد که یک نیروی

www.SID.ir

Archive of SID

اولیه برای حرکت در آمدن سیال لازم است که بعد از اعمال این نیرو یک نرخ ثابت تنش برشی با افزایش نرخ نیروی برشی مشاهده می‌گردد. معادله این مدل بصورت زیر است:

$$SS = Y_P + PV \times SR \quad (1)$$

که در آن SS تنش برشی[۴]، SR نرخ نیروی برشی[۵]، Y_P نقطه واروی[۶] و PV گرانروی پلاستیکی[۷] می‌باشد. واحد گرانروی پلاستیکی سانتی پویز و نقطه واروی $\frac{lb_F}{100ft^2}$ می‌باشد[۲].

مفاهیم پارامترهای اندازه‌گیری شده

۱- گرانروی پلاستیکی (PV)

گرانروی پلاستیکی، بخشی از مقاومت مقابل جریان است که براثر اصطکاک مکانیکی بوجود می‌آید[۲]. این اصطکاک ناشی از عوامل ذیل می‌تواند باشد:

الف) برخورد جامدات با یکدیگر

ب) برخورد جامدات با مایعی که آنها را محاط می‌کند.

ج) اصطکاک ناشی از حرکت لایه‌های سیال روی یکدیگر.

۲- نقطه واروی (Y_P)

یکی دیگر از اجزاء مقاومت در برابر جریان در گل حفاری، نقطه واروی می‌باشد. در سیالاتی که از نوع پلاستیکی بوده یا از قانون بینگهام پلاستیک تبعیت می‌کنند، برای به حرکت درآوردن سیال، از زمانی که فشاری بر مایع وارد می‌شود تا هنگامی که فشار به نقطه‌ای برسد که در آن نقطه مایع شروع به حرکت کند، آن نقطه را نقطه واروی می‌گویند[۲].

۳- قدرت ژله‌ای (GL)

سنجش قدرت ژله‌ای، مشخص کننده خاصیت ماسیدن یا تیکسوتروپیک گل است. این سنجش، سنجش نیروی جاذبه ملکولی، تحت شرایط ساکن یا استاتیک است. هنگامی که نقطه واروی کاهش می‌یابد، قدرت ژله‌ای نیز معمولاً کم می‌شود. ولی کم بودن نقطه واروی، لازمه آن نیست که قدرت ژله‌ای باید صفر باشد[۲].

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین مقادیر نقطه واروی، ویسکوزیته ظاهری و ویسکوزیته پلاستیکی در آزمایشگاه

برای نشان دادن خواص رئولوژیکی گل‌های حفاری غالباً مدل پلاستیک بینگهام بکار میرود. معادله ریاضی این مدل به صورت زیر است[۲].

$$S.S = S.S|_{SR=o} + P.V \times S.R \quad (۲)$$

$$S.S|_{SR=o} = Y_P \quad (۳)$$

وقتی از دستگاه گرانروی سنج دوار Fann استفاده می‌شود SR متناسب با rpm (دور در دقیقه) و SS متناسب با dial reading (درجه انحراف)دستگاه است در این صورت معادله فوق به شکل زیر در می‌آید:

$$\theta = Y_P + PV \times \frac{\omega}{300} \quad (٤)$$

معادله فوق نشان می‌دهد که درجه انحراف "θ" تابعی از سرعت دوران یا ω است (PV و Y_P پارامترهای معادله هستند).

برای بدست آوردن مقادیر این پارامترها کافی است به ازاء دو مقدار دلخواه از ω مقادیر متناظر θ اندازه‌گیری شده و سپس با داشتن دو معادله و دو مجهول، ضرایب مربوطه محاسبه گردد[۲].

$$\omega_1 = 600 rpm \rightarrow \theta = \theta_{600}$$

$$\omega_2 = 300 rpm \rightarrow \theta = \theta_{300}$$

$$\omega_{600} = Y_p + PV \times \frac{600}{300} \quad (٥)$$

$$\omega_{300} = Y_P + PV \times \frac{300}{300} \quad (٦)$$

از حل معادلات بالا خواهیم داشت:

$$PV = \theta_{600} - \theta_{300} \quad (٧)$$

$$Y_P = \theta_{300} - PV \quad (٨)$$

بنابه تعریف ویسکوزیته ظاهری[۸] (AV) عبارتست از ویسکوزیته یک سیال غیر نیوتنی در SR معادل ۶۰۰ rpm اگر درجه انحراف برای ۶۰۰ rpm را θ_{600} و این مقادیر در فرمول زیر قرار داده شود آنگاه مقدار ویسکوزیته ظاهری به صورت زیر بدست می‌آید.

$$AV = U_e\big|_{SR=600rpm} = 300 \times \frac{dial\ reading}{\omega} = 300 \times \frac{\theta_{600}}{600} = \frac{1}{2}\theta_{600}$$

www.SID.ir

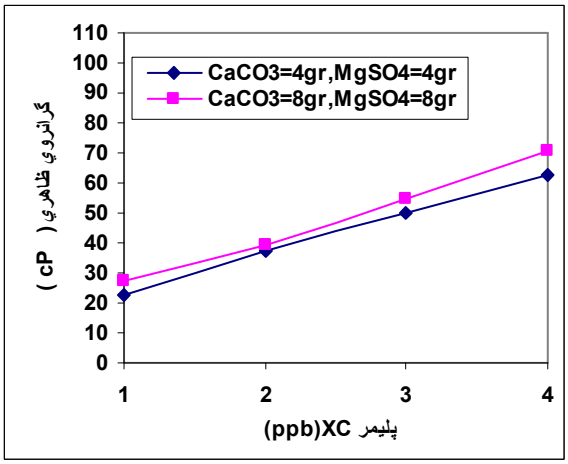
Archive of SID

(۹)

اندازه‌گیری افت صافی[۹] (FL) گل و خاصیت اندود کردن دیواره

افت صافی یا خاصیت اندود کردن دیواره چاه بوسیله دستگاه فیلتر پرس بررسی و تعیین می‌شود. آزمایش به این طریق است که سرعت عبور فاز مایع گل حفاری از یک کاغذ صافی استاندارد، تحت شرایط ویژه‌ای از فشار، درجه حرارت، زمان و همچنین ضخامت اندودی که گل در اثر فیلتراسیون ظرف این مدت روی کاغذهای صافی بجا می‌گذارد اندازه‌گیری می‌شود[۳].

فیلتراسیون گلهای حفاری را معمولاً تحت دو شرایط متفاوت اندازه‌گیری می‌کنند.



شکل ۳ : اثر آلاینده‌ها بر گرانروی ظاهری گل پلیمری XC .

۱- فیلتراسیون استاندارد API

که در شرایط psi ۱۰۰ و دمای اتاق و ظرف مدت ۳۰ دقیقه و در بعضی موارد ۷/۵ دقیقه صورت می‌گیرد.

۲- فیلتراسیون استاندارد دما و فشار بالا

که در شرایط psi ۵۰۰ و دمای °F و ظرف مدت ۳۰ دقیقه انجام می‌شود.

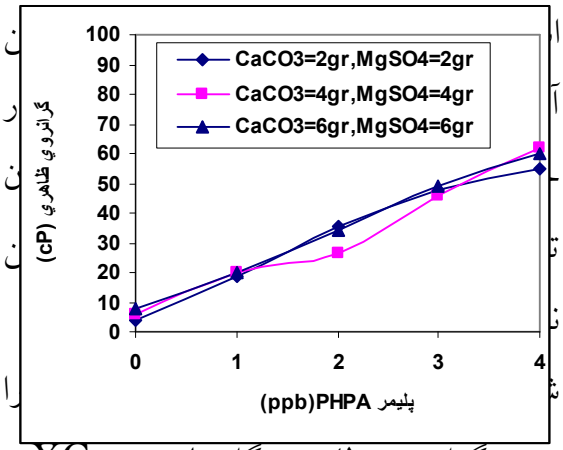
لازم به تذکر است که جهت بدست آوردن داده‌های مربوط به هر کدام از نمونه‌ها دستگاه کالیبره شده است و خطای ناشی از آزمایش بسیار جزئی و قابل اغماض می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر غلظت‌های مختلف از آلاینده‌های (Ca^{++} ، Mg^{++}) روی خواص گل پلیمری XC و PHPA با آب نمک اشباع

در این سری از آزمایشات از دو نوع آلاینده ($CaCo_3$ ، $MgSo_4$) که اصولاًدر هنگام حفاری از طریق سازندها وارد گل می‌شوند (یا اینکه نوعاًدر آب مورد استفاده وجود دارند)استفاده گردیده است تا نمونه گل مورد آزمایش به حالت واقعی نزدیکتر باشد. در این آزمایشات غلظت‌های مختلف آلاینده بر روی گل پایه که متشکل از ۲۱ پوند بر بشکه رس نمکی و ۳۵۰ ^{CC} آب نمک اشباع و مقادیر مختلف از پلیمر XC یا PHPA شرکت بیکر(۱ تا ٤ گرم) می‌باشد استفاده گردیده است. علت



روی گرانروی ظاهری گل پلیمری XC و PHPA را نشان می‌دهند. همانطور که از شکل پیداست با افزایش مقدار پلیمر مصرفی و آلاینده‌ها گرانروی ظاهری افزایش می‌یابد.

این دو شکل بخوبی نشان میدهند که پلیمرهای XC و PHPA در مقابل آلاینده‌ها مقاوم هستند چون در غیر اینصورت پلیمرهای XC و PHPA به دلیل آنیونی بودن با یونهای کاتیونیک موجود در سیستم (Ca^{++} و Mg^{++}) پیوند برقرار نموده و باعث رسوب دادن پلیمرها و در نتیجه باعث کاهش در گرانروی ظاهری می‌شدند.

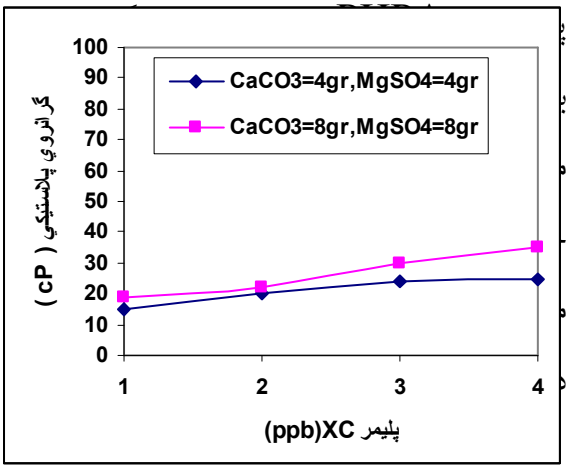
شکل (۵) و (٦) تاثیر مقدار آلاینده‌ها روی گرانروی پلاستیکی گل را نشان می‌دهند که با افزایش مقدار پلیمر مصرفی گرانروی پلاستیکی گل‌های پلیمری XC و

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ٤: اثر آلاینده‌ها بر گرانروی ظاهری گل پلیمری PHPA .

PHPA افـزایش مـی‌یابـد و همچنـین بـا افزایش مقدار آلاینده‌ها بـرای گـل پلیمـری XC (شکل ٥) مقدار گرانـروی پلاسـتیکی افزایش می‌یابد که دلیل آن بالا رفتن درصد جامدات موجود در گل می‌باشد. برای گـل

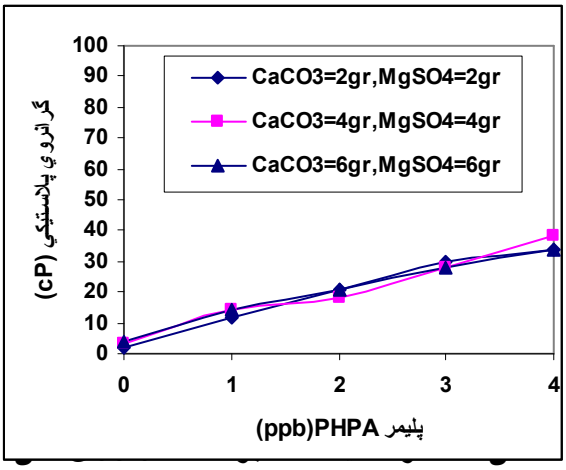


شکل ٥ : اثر آلاینده‌ها بر گرانروی پلاستیکی گل پلیمری XC .

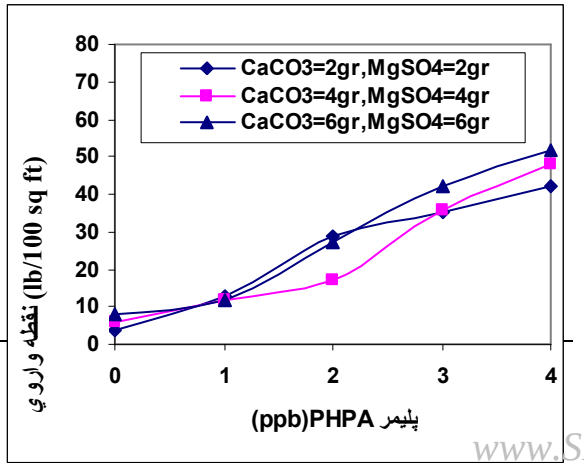
شـکل (۷) و (۸) نیـز تـاثیر غلظـت‌هـای مختلـف از پلیمرهـای XC و PHPA و آلاینده‌ها روی خواص نقطه‌واروی را نشـان می‌دهد. همانگونه که از نمـودار شـکل (۷) پیداست افزایش پلیمر XC باعـث افـزایش نقطـه‌واروی سـیال مـی‌شـود و افـزایش آلاینده‌ها تـاثیر چنـدانی در خـواص نقطـه واروی گـل نـدارد و همچنـین شـکل (۸) نشان می‌دهد که با افزایش مقدار آلاینده‌هـا در حالتی که مقدار پلیمر مصرفی در حدود یک پوند بر بشکه میباشد تقریبـاً بـی تـاثیر است ولی در مقادیر بیشتر از یک پونـد بـر بشکه از روند خاصی تبعیت نمی‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

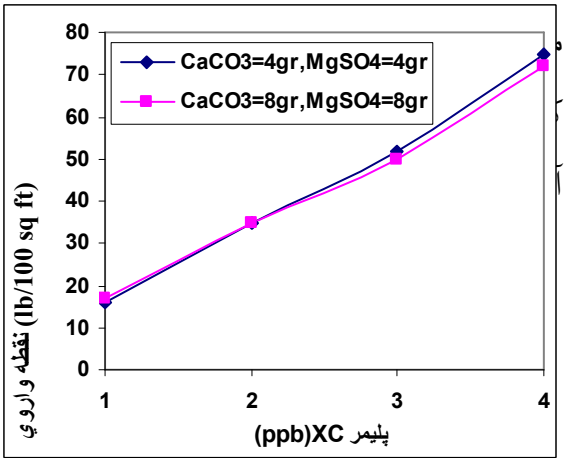


شکل ٦: اثر آلاینده‌ها بر گرانروی پلاستیکی گل پلیمری PHPA .



پلیمری XC .

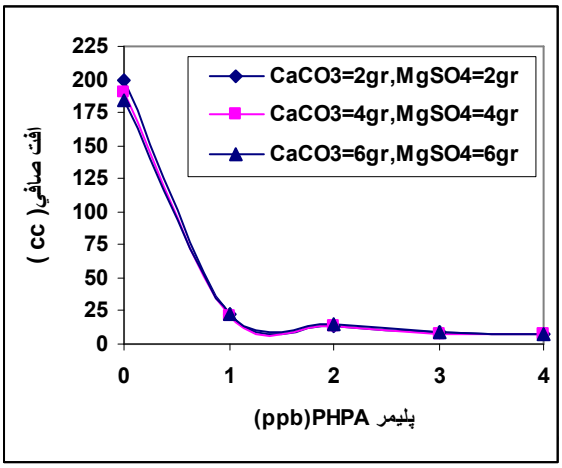
شکل (۹) و (۱۰) تاثیر غلظت‌های مختلف آلاینده‌ها و پلیمرهای XC و PHPA را بر روی افت صافی نشان می‌دهد. همانگونه که از شکل (۹) پیداست با افزایش مقدار پلیمر XC و آلاینده‌ها افت صافی ثابت بوده و همچنین شکل (۱۰) نشان می‌دهد که با به کار بردن یک پوند بر بشکه از پلیمر PHPA افت صافی بشدت کاهش



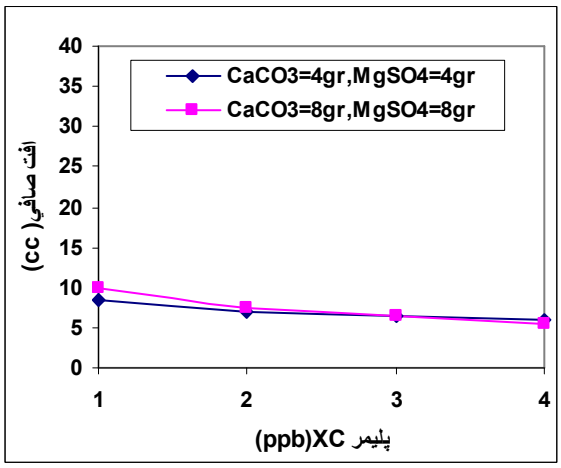
www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۹: اثر آلاینده‌ها بر افت صافی گل پلیمری XC .



پلیمری PHPA .



شکل ۱۰: اثر آلاینده‌ها بر افت صافی گل پلیمری PHPA .

اثر حرارت برگل بنتونیتی و گل‌های پلیمری XC و PHPA

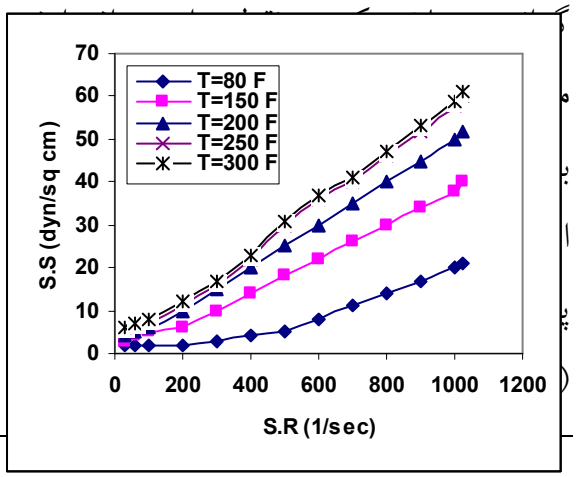
تغییر خواص گل (گل بنتونیتی، گل پلیمری XC و گل پلیمری PHPA) در

www.SID.ir

Archive of SID

پنج دمای ۸۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ درجه فارنهایت بررسی شده است. آزمایش خواص گل در این دماها توسط دستگاه گرانروی سنج Fann مدل C ۵۰ انجام شد. در این آزمایش گل بنتونیتی متشکل از ۱۰ پوند بر بشکه بنتونیت و ۳۵۰CC آب مقطر می‌باشد، و گل پلیمری XC و PHPA هر کدام در سه نمونه تهیه شده که نمونه اول آن متشکل از ۱۰ پوند بر بشکه بنتونیت، ۳۵۰CC آب مقطر و یک پوند بر بشکه پلیمر و نمونه دوم آن متشکل از ۱۰ پوند بر بشکه رس نمکی، ۳۵۰CC آب دریا و یک پوند بر بشکه پلیمر و نمونه سوم آن متشکل از ۱۰ پوند بر بشکه رس نمکی، ۳۵۰CCآب نمک اشباع و یک پوند بر بشکه پلیمر می‌باشد.

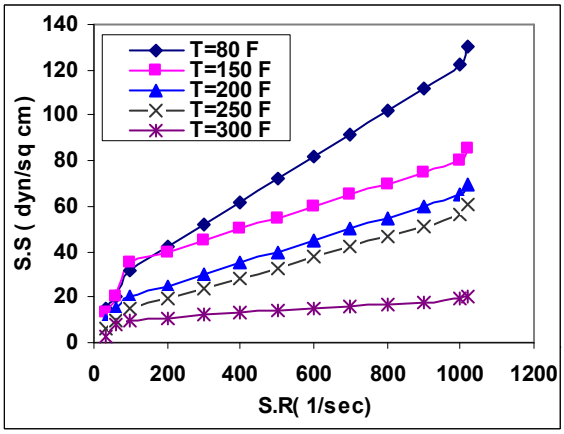
براساس نتایج آزمایشات در شکل (۱۱) افزایش دما باعث افزایش تنش برشی (با افزایش تنش برشی گرانروی ظاهری، با آب نمک اشباع (که جهت‌گیری مشخص مشهود نبوده) روند تغییرات بعکس گل‌های بنتونیتی و کاهشی است. علت افزایش تنش برشی در گل بنتونیتی، افزایش بی نظمی در سیستم ساختار مولکولی در رسها شده و لذا با بهم خوردن اتصال صفحات رسی، صفحات بصورت لب به لب یا لب به رویه قرار گرفته و پدیده کلوخه‌ای شدن بوجود می‌آید که این امر باعث افزایش گرانروی گل و در نتیجه موجب کاهش راندمان حفاری می‌گردد. علت کاهش تنش برشی در گل‌های پلیمری PHPA و گل‌های پلیمری XC با آب دریا و آب مقطر آن است که با افزایش دما اتصالات بین پلیمر و ذرات رسی شکسته شده و در واقع مولکولها در فاز مایع پخش می‌گردند که این امر باعث کاهش گرانروی یا تنش برشی و در نتیجه موجب افزایش راندمان حفاری می‌گردد.

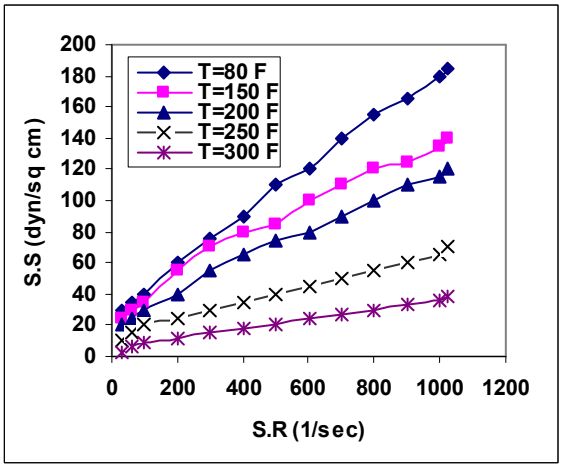


www.SID.ir

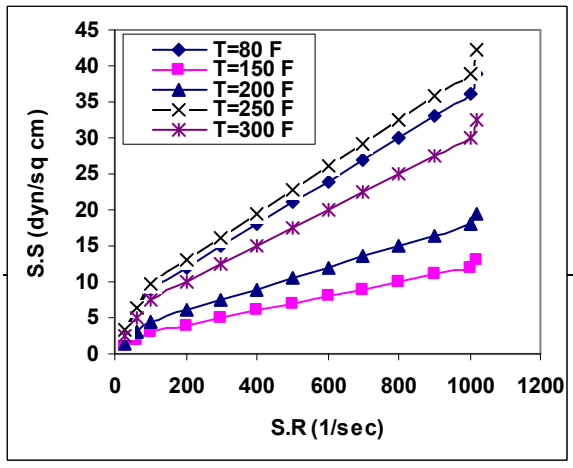
Archive of SID

شکل ۱۲: اثر حرارت بر منحنی جریان گل پلیمری XC در فشار ثابت P=200psi (گل با آب مقطر) .





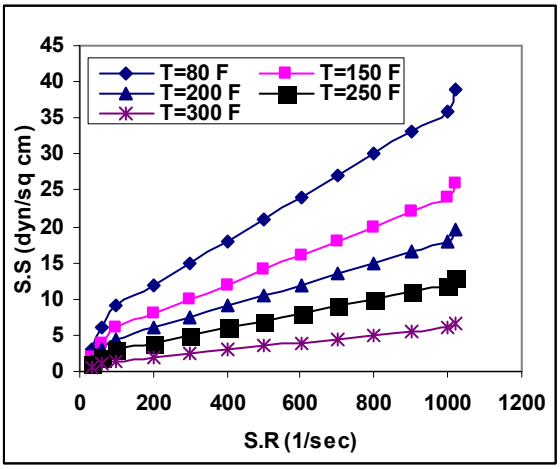
شکل ۱۳: اثر حرارت بر منحنی جریان گل پلیمری XC در فشار ثابت P=200psi (گل با آب دریا).



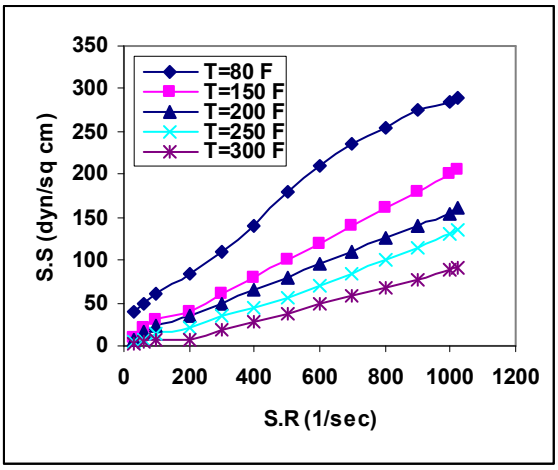
www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱۴: اثر حرارت بر منحنی جریان گل پلیمری XC در فشار ثابت P=200psi (گل با آب نمک اشباع) .



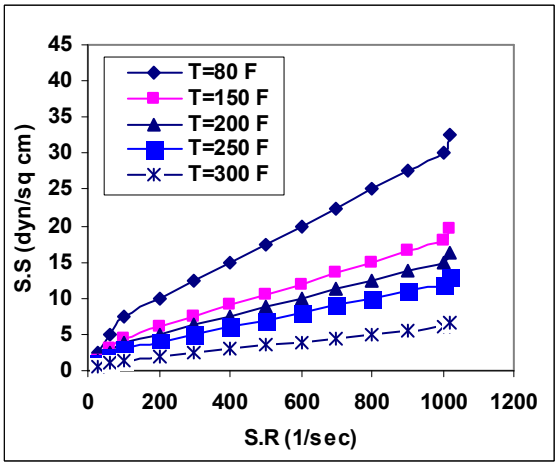
شکل ۱۵: اثر حرارت بر منحنی جریان گل پلیمری PHPA در فشار ثابت P=200psi (گل با آب مقطر) .



www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱۶: اثر حرارت بر منحنی جریان گل پلیمری PHPA در فشار ثابت، P=200psi (گل با آب دریا).



شکل ۱۷: اثر حرارت بر منحنی جریان گل پلیمری PHPA در فشار ثابت P=200psi (گل با آب نمک اشباع).

نتیجه‌گیری

با توجه به هدف اولیه مطالعات و نتایج آزمایشات انجام شده برروی گلهای حفاری با استفاده از پلیمرهای XC و PHPA بصورت زیر خلاصه می‌گردد.

۱- گل‌های بنتونیتی موجود و متداول حفاری تحت شرایط دما و فشار بالا خواص خود را از دست داده و نتیجتاً راندمان عملیات حفاری را کاهش داده و بعضاً می‌توانند باعث ایجاد مشکلات و تحمل هزینه‌های زیادی به حفاری شوند. استفاده از انواع خاصی از پلیمرها جهت تنظیم خواص مهم گل حفاری می‌تواند در این زمینه راهگشا بوده و از وقوع این مشکلات جلوگیری بعمل آورد.

۲- افزایش دما برای گل بنتونیتی باعث افزایش تنش برشی و در نتیجه موجب افزایش نقطه واروی، گرانروی ظاهری و خواص ژله‌ای گل می‌گردد و راندمان عملیات حفاری را کاهش می‌دهد اما در مورد گل‌های پلیمری XC و PHPA روند تغییرات بعکس گل‌های بنتونیتی و کاهشی است و موجب افزایش راندمان حفاری می‌گردد.

۳- پلیمر های XC و PHPA در مقابل نمکهای محلول در سیستم ایجاد گرانروی کرده و در برابر آلاینده‌های

www.SID.ir

Archive of SID

(Mg^{++} ، Ca^{++}) مقاوم می‌باشند و همچنین با افزایش مقدار پلیمر مصرفی به گل پایه خواص رئولوژیکی و تیکسوتروپیک گل بهبود می‌یابد.

۴- براساس نتایج بدست آمده، پلیمرهای XC و PHPA تولید شده از شرکت بیکر ماده افزودنی خوبی برای اصلاح خواص رئولوژی گل حفاری در شرایط دمای بالا و حضور آلاینده‌ها می‌باشد. به طور کلی گلهای تهیه شده از پلیمر های XC و PHPA رفتار سیال و خواص بهتری جهت استفاده در گلهای حفاری برای استفاده در چاههای عمیق و تحت شرایط دما و فشار بالا از خود نشان داده و می‌توان از این ماده در آینده در مقیاس صنعتی جهت استفاده در عملیات حفاری در کشور استفاده نمود.

فهرست علائم

ω : سرعت دوران (rpm)

θ : درجه انحراف (dial reading)

μe : گرانروی (سانتی پواز cP)

API :استاندارد انجمن بین‌المللی نفت آمریکا

PV : ویسکوزیته پلاستیکی (سانتی پواز cP)

AV : ویسکوزیته ظاهری(سانتی پواز cP)

Y_P : نقطه واروی $\left(\frac{lb_F}{100ft^2}\right)$

FL : افت صافی (سی سی)

SS : تنش برشی $\left(\frac{lb_F}{100ft^2}\right)$

SR : نرخ برش (S^{-1})

مراجع

1- James, L. and Lummus, J. (1986). *Drilling fluids optimization a practical field approach.* Penn Well Publishing Company, PP. 122-128.

2 - Walter, R. (1953) . *Composition and properties of oil well drilling fluids*. GulF Publishing Company, PP. 295-305.

www.SID.ir

Archive of SID

3 - Darley, H. and George, R . (1988). *Composition and properties of drilling and completion Fluids.* Gulf Publishing Company, PP. 86-91.

4 - Mocray, W. (1976). *Oil well drilling technology.* University of Oklahoma Norman, PP.121-124.

5 - Hale, H. and Cowan, M. (1995). *Universal fluids for drilling and cementing wells.*United States Patent, PP .. 151-153.

6 - Jones, F., Timothy, H., Hughes, W. and Trevor, M. (1994). *Analysis of drilling fluids*. United States Patent, PP. 33-35.

7 - Plomk, F. and Johann, P. (1992) .“Water –Based muds using synthetic polymers developed for high temperature drilling.” *Oil and Gas Journa ,* Vol. 95, No. 5, PP. 23-25.

8 - Beihoffer, H. (1992). “Cationic polymer drilling fluid can sometimes replace oil based mud.” *Oil and Gas Journa ,* Vol. 93, No. 13, PP. 33-35.

9 - Zakarov, L. and konovalon, J. (1992) , “Silicon-based additives improve mud rheology.” *Oil and Gas Journal,* Vol. 91, No. 15, PP. 17-21.

10 - Welch , R. (1992). “Cationic polymer mud solves gumbo problems in north sea.” *Oil and Gas Journal,* Vol. 86, No . 5, PP. 25-28.

11- Elward, R. (1992). “Rheologically stable, Nontoxic, high-temperature water based drilling fluid.” *Society of Petroleum Engineers,* PP. 286-291.

12 - Retz , R. H. (1991). “An environmentally acceptable and field practical cationic polymer mud system.” *Society of Petroleum Engineers,* PP. 123-125.

واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1 - Shear Thinning
2 - Complex Fluids
3 - Thixotropic
4 - Shear Stress

www.SID.ir

Archive of SID

5 - Shear Rate
6 - Yield Point
7 - Plastic Viscosity
8 - Apparent Viscosity
9- Fluid Loss

www.SID.ir