

کنترل افت صافی سیالات حفاری پایه آبی در دمای بالا

محمد سلیمانی و علیرضا مرتضوی

مرکز مطالعات اکتشاف و تولید، پژوهشگاه صنعت نفت

soleymanim@ripi.ir

چکیده

آزمایشات انجام گرفته بر روی پلیمرهای مصنوعی نشان می‌دهند که این نوع پلیمرها می‌توانند افت صافی را در دمای بالا (400°F) برای گل‌های حفاری آزمایشگاهی (آب نمک اشباع بدون خاک رس) و همچنین گل‌های سرچاهی (کم جامد آلوده شده با کنده‌های حفاری و نمک‌های سدیم و کلسیم) کنترل کنند. افت صافی برای این نوع از گل‌ها در دمای 400°F و در فشار بالا و در حضور پلیمر نوع سولفوناتی بایستی کمتر از ۱۵ میلی‌لیتر در ۳۰ دقیقه باشد. علاوه بر آزمایش‌های انجام شده در آزمایشگاه، از این پلیمرها در دو چاه دریایی با دمای 400°F که حاوی لایه‌ها نمکی سدیمی و کلسیمی بودند استفاده شد که نتایج مطلوبی به دست آمد. گل‌های پتاسیمی با وزن ۱۸ پوند بر گالن مداوا شده با پلیمر نشان داد که در برابر حرارت و مواد جامد و سیمان کاملاً مقاوم و پایدار می‌شد.

مقدمه

مواد افزودنی نوع گل‌های پایه آبی نیز که در چاه‌های گرم و عمیق مورد استفاده قرار می‌گیرند با محدودیت مواجه می‌شوند. این مشکل زمانی تشدید می‌شود که گل در تماس با آلاینده‌هایی از قبیل خرده‌های حفاری و نمک‌های سدیمی و کلسیمی باشد. بنابراین نیاز به ماده‌ای که بتواند این محدودیت‌ها را از بین برده و مشکلات را مرتفع سازد، محسوس است. برای غلبه بر مشکلات حفاری در چنین چاه‌هایی و نیز جلوگیری از آلوده شدن گل در برابر آلاینده‌ها از کوپلیمر مصنوعی سولفونات استفاده می‌شود، که هم بر عملکرد رئولوژیکی گل تاثیر گذاشته و هم افت صافی تحت شرایط چاه را کنترل می‌کنند.

افت صافی گل حفاری

گل حفاری از مهمترین عواملی است که بر هزینه‌های حفاری تاثیر دارد، بنابراین برای جلوگیری از افزایش هزینه، گل را باید

واژه‌های کلیدی

چاه‌های حفاری،
سیالات حفاری،
خواص رئولوژی،
پلیمر حفاری،
آلودگی سیالات حفاری

دو گروه عمده یعنی وینیل و اکریل آمید برای کاهش افت صافی مفید می باشند. به منظور تحمل در برابر کلسیم و سایر یون های دو ظرفیتی، گروه های اکریل آمید بایستی به منظور جلوگیری از صابونی شدن در قلیائیت زیاد سیالات حفاری، محافظت شوند. مولکول بایستی دارای زنجیر طولانی یا وزن مولکولی بالا بوده که بتواند ذرات جامد را پوشش داده یا پلی روی آنها ایجاد کند. لذا از پلیمرهای مصنوعی وینیل سولفونات وینیل آمید با وزن مولکولی ۷۵۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰۰ به همین منظور استفاده می شود. در این ماده، گروه های آمید و استحکام وینیل با گروه های عمده غیرصابونی تکمیل می شود. گروه های سولفوناتی با قدرت و تراکم باری قوی به پلیمر اجازه می دهد که کاتیون های دو ظرفیتی را محدوده ساخته و به عنوان پایدار کننده خواص رئولوژیکی به کار رود (جدول ۲). هیچ نوع پلیمر مصنوعی دیگری با چنین خاصیت دوگانه، به ویژه در حفاری چاه های گرم و در حضور نمک های غیر محلول شناخته شده نیست. کوپلیمر استایرن در محیط های گرم، از انعقاد خاک های رس جلوگیری کرده ولی افت صافی را کنترل نمی کند [۲].

بررسی آزمایشگاهی

پایداری حرارتی در گل های نمکی

برای بررسی این خاصیت در آزمایشگاه، گل حفاری با آب نمک اشباع و بدون خاک رس با ترکیبات زیر تهیه شد که شرایط آزمایش و خواص رئولوژیکی و افت صافی API اندازه گیری شده که در جدول ۳ مشاهده می شود.

نشاسته سیب زمینی، ویسکوزیته و افت صافی گل های آب نمک اشباع را تا 200°F کنترل می نماید. در گل حفاری نگهداری شده به حالت سکون در 250°F ، علائمی از تجزیه و دگرگونی ویسکازیفایرها و افزایش در افت صافی مشاهده شد. در 300°F ، عدم کنترل صافاب و pH پایین، حاکی از تجزیه

ضخامت اندود صافی جلوگیری کرد. با افزایش افت صافی، تنگی چاه، تورم لایه های شیلی و گیرکردن لوله ها و نیز مشکل تعبیر نمودارهای الکتریکی اتفاق می افتد.

کنترل کننده های افت صافی

معروف ترین این مواد، خاک های رس (بتونایت، آتاپولگایت، سپیولایت) و پلیمرهای طبیعی (نشاسته، لیگنایت، PAC و CMC HEC) بوده که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه بوده و تاثیر مطلوبی در کنترل افت صافی دارند. از پلیمرهای مصنوعی مانند PHPA^۱ و PA^۲ که عملکرد مطلوب در مکانیزم هایی مانند ساختار اندود صافی، افزایش گراندرویی، پوشاندن سطح رویی جامدات، واکنش با خاک های رس و نیز ایجاد پل در نواحی نفوذپذیر دارند نیز استفاده می شود [۱]. محدوده مقاومت حرارتی و نیز واکنش در برابر الکترولیت های مختلف در جدول ۱ مشاهده می شود.

کارایی پلیمرها در پایدار نگه داشتن خواص رئولوژیکی و کنترل افت صافی در دمای 350°F کاهش می یابد.

کاهنده صافاب پایدار در برابر الکترولیت ها و درجه

حرارت

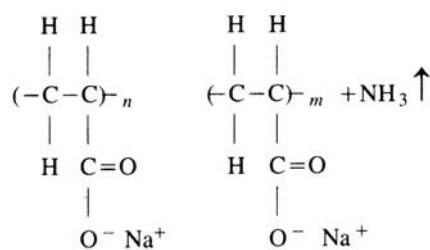
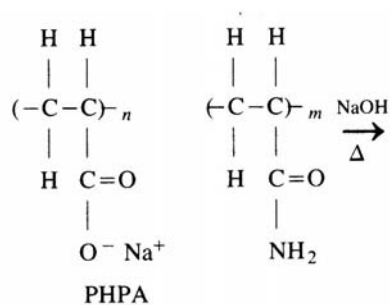
پلیمرهای PHPA و PA تا 350°F پایدار می باشند، استحکام وینیل به ویژه وجود پیوند کربن-کربن در آنها باعث می شود که در برابر درجه حرارت و فرسایش هیدرولیتی مقاومت کنند. این پلیمرها در حضور کاتیون های دو ظرفیتی و به دلیل یون های کربوکسیلیت، تحمل محدودی داشته و در حرارت و pH بالا میزان تحمل به سبب هیدرولیز قلیایی گروه های اکریل آمید کاهش می یابد (شکل ۱).

در سیالات آبی اشباع از نمک آب سیال در pH حدود ۷-۸، عمل هیدرولیز تا حالتی که محصول واکنش گروه های کربوکسیلیت را افزایش دهد، گسترش می یابد. از نظر تحلیلی،

1. Partially Hydrolyzed Polyacryl Amide
2. Poly Acrylate

جدول ۱- محدوده پایداری حرارتی کاهنده های افت صافی

واکنش با الکترولیت ها	پایداری حرارتی (°F)	ماده
کلوخه و انعقاد در حضور یون کلسیم (۵ meq/l)	۳۰۰	بتونیت
پایدار در حضور نمک ها و آب های شور در شرایط قلیایی با کلسیم رسوب می دهد	۲۰۰	نشاسته
به کلسیم و منیزیم حساس است	۳۵۰	لیگنوسولفونات های فلزی
“ “ “ “	۳۵۰	لیگنایت
محدود به درجه جایگزینی (۵۰۰ ppm) کلسیم برای درجه جایگزینی کمتر از ۰/۹	۲۵۰	PAC , CMC
حساس به کلسیم و منیزیم	۲۵۰	HEC
حساس به کلسیم (۱۰۰-۳۰۰ ppm)	۴۰۰	PA/PHPA



شکل ۱- ساختار شیمیایی پلیمر ها

جدول ۲- خواص پلیمری کاهنده افت صافی و پایدار کننده خواص رئولوژیکی

پایداری حرارتی (فارنهایت)	محدوده نمک (ppm)		تجزیه	شکل	وزن مولکولی
	NaCl	CaCl ₂			
۴۵۰	تا حد اشباع	تا ۲۰۰۰۰۰ و یون کلسیم (Ca ⁺⁺) برابر ۷۵۰۰۰	به آسانی در آب شیرین و سخت پخش می شود	پودر ریز و سفید	۷۵۰۰۰۰-۲۰۰۰۰۰۰

جدول ۳- ترکیب گل حفاری تهیه شده (وزن سیال فوق ۱۰/۵ پوند بر گالن می باشد)

ماده	آب مقطر (بشکه)	نمک طعام (پوند بر بشکه)	نشاسته (پوند بر بشکه)	کربنات کلسیم (پوند بر بشکه)
مقدار	.۸۹	۱۱۰	۸	۳۸

جدول ۴- پایداری حرارتی سیالات حفاری کم جامد و بدون خاک رس

خواص	گل پایه ۴lb/bbl+ پلیمر سولفوناتی			گل پایه			
	استاتیک			استاتیک		رول ۳۰۰ °F	
	۴۰۰ °F	۳۵۰ °F	۳۰۰ °F	۳۰۰ °F	۲۵۰ °F		
PV (Cps)	۲	۲	۱۰	۱۴	۸	۷	۹
YP (lb/۱۰۰ft ²)	۱	۲	۸	۱۴	۱۰	۱۱	۱۴
ژل (lb/۱۰۰ft ²) (۱۰ ثانیه)	۱	۱	۲	۶	۳	۴	۶
ژل (lb/۱۰۰ft ²) (۱۰ دقیقه)	۱	۱	۲	۷	۴	۴	۷
pH	۷/۴	۶/۸	۶/۳	۷	۶/۱	۶/۸	۶/۹
افت صافی API (ml/۲۰Min)	۶/۲	۵/۶	۷/۸	۹/۶	بدون کنترل	۱۵/۵	۹/۲

جدول ۵- میزان پخش اندازه ذرات جامد در گل

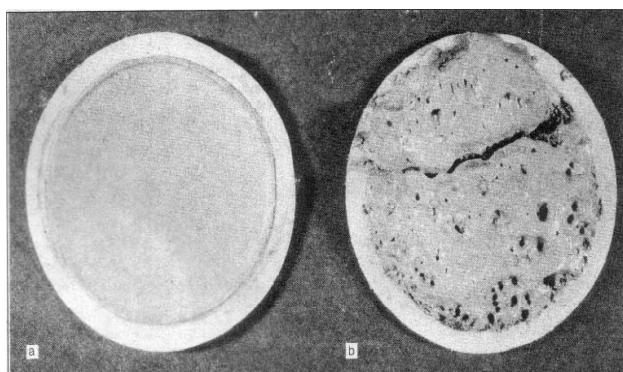
B	A	مواد افزودنی و خواص گل	
		واحد	
۰/۸۹	۰/۸۹	بشکه (bbl)	آب مقطر
۱۱۰	۱۱۰	پوند بر بشکه (PPb)	نمک طعام
-	۸	پوند بر بشکه (PPb)	نشاسته سیب زمینی
۳۸	۳۸	پوند بر بشکه (PPb)	کربنات کلسیم (CaCO ₃)
۴	-	پوند بر بشکه (PPb)	پلیمر وینیل سولفونات و نیل آمید
۱۰/۵	۱۰/۵	پوند بر گالن (ppg)	وزن گل
۷/۲	۵/۸	میلی لیتر بر ۳۰ دقیقه	افت صافی قبل از حرارت
۱۶/۹	۲۰/۸	میکرون	متوسط اندازه ذرات
۷/۲	بدون کنترل	میلی لیتر بر ۳۰ دقیقه	افت صافی استاتیکی (۳۰۰ °F تا ۱۶ ساعت)
۱۶/۳	۱۶/۴	میکرون	متوسط اندازه ذرات

نشاسته تا ۲۰۰ °F می تواند ویسکوزیته و افت صافی چنین گل اشباع از آب نمک را کنترل کرده ولی بالاتر از این دما دیگر قادر نیست خواص گل را به طور موثر کنترل کند، زیرا که در دماهای بالاتر تخمیر شده و می سوزد و از بین می رود. اما با استفاده از پلیمر وینیل سولفونات و نیل آمید، نتیجه افت صافی

کامل این نوع نشاسته می باشد. به عبارت دیگر افزودن پلیمر سه گانه وینیل سولفونات و نیل آمید، افت صافی گل نگهداری شده در ۴۰۰ °F را کنترل می کند. در جدول ۵ نتایجی از تغییر در اندازه ذرات کنترل کننده افت صافی بهبود یافته مشاهده می شود.

ویسکوزیته و افت صافی در گلی که حاوی نمک کلسیمی است، مشکل تر است زیرا یون کلسیم با یون کربوکسیل پلیمر PHPA واکنش نشان داده و پلیمر را درون سیستم رسوب می دهد. آلودگی های زیاد شیمیایی و دمای بالا، باعث عدم واکنش آب با بنتونیت و کلوخه های (انعقاد) شدن سیستم شده و لذا افت صافی زیاد می شود. افت صافی با افزودن مواد جامد و پلیمر قابل کنترل است.

آزمایش مقایسه اثر این پلیمر با پلی آنیونیک سلولز در جدول ۸ آورده شده است. با افزودن ۳ پوند بر بشکه از دو نوع پلیمر، خواص رئولوژیکی در هر دو گل تا حدودی شبیه به هم هستند اما افت صافی نمونه گل سلولزی (PAC) در دمای غلظان 150°F بهتر از نمونه گل حاوی سولفوناتی است زیرا پلیمر اول با ضخیم کردن اندود صافی و ارتباط ذرات جامد با هم مانند پلی آنها را به هم متصل ساخته در حالیکه پلیمر دوم فقط با ذرات رس داخل گل واکنش داده است. بعد از ۱۶ ساعت نگهداری در دمای 350°F ، پلیمر PAC به طور کامل خواص شیمیایی و اولیه خود را از دست داده و از بین می رود که کاهش ویسکوزیته گل بیانگر این مطلب است. کاهش کارایی ظاهری پلیمر تنها به دلیل از بین رفتن PAC نیست بلکه به دلیل برقراری پیوند مستحکمی است که پتاسیم و رس به وجود آمده است.



شکل ۱- اندود صافی گل هایی حاوی این دو پلیمر را نشان می دهد. [۳]

حالت استاتیکی^۱ در 300°F میزان قابل قبولی است. نشاسته با ایجاد لایه ای در اطراف ذرات جامد گل، آنها را به صورت کپسول نگه می دارد. با افزایش حرارت لایه نشاسته سوخته از بین می رود و در نتیجه خواص رئولوژیکی گل کاهش یافته و افت صافی کنترل نمی شود در صورتی که با استفاده از پلیمرهای دیگر با تغییرات دما اندازه ذرات داخل گل نمکی تغییر نکرده و کاهش نمی یابد. بنابراین خواص رئولوژیکی و افت صافی پایدار خواهد ماند. در جدول ۵ یک گل اشباع از آب نمک با وزن ۱۹ پوند بر گالن که برای چاه های با دمای بالا طراحی شده به همراه مواد لازم و نتایج و خواص گل ساخته شده بیان شده است.

پلیمر سولفوناتی، صافاب را در هر دو حالت API و HPHT در دمای 400°F پایین نگه داشته و بدون حضور آن کاهش شدید در pH و افت صافی در اثر تجزیه و از بین رفتن رزین مصنوعی و لیگنو سولفونات مشاهده می شود.

بررسی آلودگی شیمیایی گل در دمای بالا

برای مقایسه بین دو پلیمر سولفوناتی و PHPA، گل حفاری سبک کم جامد و با نمک ها و خرده های حفاری ساخته شد (جدول ۶). این گل در برابر آلودگی های نمک و مواد جامد، بسیار حساس بوده و به خوبی این آلودگی را در دمای بالا نشان می دهد.

در مورد سیالات حفاری پایه آبی، پلیمر توسط فعل و انفعالاتی که با ذرات رسی درون گل انجام می دهد، افت صافی را کنترل و متعاقب آن ویسکوزیته را افزایش می دهد. آب موجود در گل سبب می شود پلیمر یونیزه شده و مولکول های آب در لابه لای یون های کربوکسیل و سدیم قرار می گیرند که این عمل باعث افزایش ویسکوزیته سیال می شود. غلظت بالای نمک سدیمی، یونیزه شدن آن را محدود کرده و این عمل به طور کامل صورت نمی پذیرد در نتیجه ویسکوزیته و افت صافی کاهش می یابد. کنترل

1. Static Aging

جدول ۶- ترکیبات و خواص رئولوژیکی گل اشباع از نمک یا وزن PPG ۱۹

خواص رئولوژیکی گل حفاری				گل		واحد		
۲		۱		۲	۱			
رول ۴۰۰ F	اولیه	رول ۴۰۰ F	اولیه					
				۰/۶۳	۰/۶۳	بشکه (bbl)	آب نمک اشباع	ترکیبات
				۳	۳	پوند بر بشکه	خاک رس نمکی	
				۱۰	۱۰	"	بستونایت	
				۶	۶	"	رزین مصنوعی	
				۶	-	"	پلیمر سولفوناتی	
				۳	۳	"	کروم لیگنوسولفونایت	
				۵	۵	"	کربنات کلسیم	
				۰/۵	۰/۵	"	هیدرواکسید سدیم	
				۵۲۵	۵۲۵	"	باریت	
۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	-	-	فارنهایت	درجه حرارت	خواص رئولوژیکی گل
۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	-	-	پوند بر گالن	وزن گل	
۹۷	۲۴۴	۶۷	۶۹	-	-	RPM	دور ۶۰۰	
۵۱	۱۴۳	۴۵	۴۲	-	-	"	دور ۳۰۰	
۴۶	۱۰۱	۲۲	۲۷	-	-	CPS	پلاستیک ویسکوزیته	
۵	۴۲	۲۳	۱۵	-	-	lb / ۱۰۰ ft ^۳	نقطه واروی	
۳	۲۰	۲۶	۲۱	-	-	"	استحکام ژله‌ای ۱۰ ثانیه	
۷	۵۱	۳۳	۶۸	-	-	"	استحکام ژله‌ای ۱۰ دقیقه	
۳/۲	-	بدون کنترل	-	-	-	cc/۳۰ Min	افت صافی API	
۱۵	-	بدون کنترل	-	-	-	"	افت صافی HPHT (۵۰۰ psi و ۴۰۰°F)	
۸/۲	۹/۶	۷/۱	۱۰/۱	-	-		pH	

جدول ۷- تاثیر نمک ها روی خواص سیالات حفاری کم جامد Non Dispersed

گل حفاری	مواد افزودنی (ppb)					خواص رئولوژیکی							
	NaCl	CaCl ₂	VSVA	PHPA	جامدات حفاری	چرخش ۱۶ ساعته در ۱۵۰°F				سکون ۱۶ ساعته در ۴۰°F			
						نقطه واروی lb/۱۰۰.ft ²	ژل ۱۰ ثانیه lb/۱۰۰.ft ²	ژل ۱۰ دقیقه lb/۱۰۰.ft ²	افت صافی ml/۳.min	نقطه واروی l b/۱۰۰.ft ²	ژل ۱۰ ثانیه lb/۱۰۰.ft ²	ژل ۱۰ دقیقه lb/۱۰۰.ft ²	افت صافی ml/۳.min
۱	-	-	۵	-	۱۰	-	-	-	۴	-	-	-	۵
۲	-	-	-	۵	۱۰	-	-	-	۴	-	-	-	۵
۳	۳۵	۳۵	۵	-	۱۰	۸	۲	۵	۱۴	۶	۲	۷	۲۴
۴	۳۵	۳۵	-	۵	۱۰	۶۷	۳۷	۳۷	۶۴/۵	۱۲۰	۵۹	۶۸	۷۱
۵	۳۵	۳۵	-	-	۱۰	۹۰	۴۵	۴۵	-	۸۶	۴۸	۵۰	۷۲

جدول ۸- مقایسه کارایی پلیمرهای و نیل سولفوناتی و پلی آنیونیک سلولز

ساکن ۱۶ ساعته در ۳۵۰°F		چرخش ۱۶ ساعته در ۱۵۰°F		خواص رئولوژیکی اولیه						واحد	افزودنی و خواص رئولوژیکی
نمونه		نمونه		نمونه							
۶	۵	۶	۵	۶	۵	۴	۳	۲	۱		
۱۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	pbb	KCl
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	"	بنتونایت
-	۳	-	۳	-	۳	-	۲	-	۱	"	PAC
۳	-	۳	-	۳	-	۲	-	۱	-	"	VSVA
۶	۶	۸	۸۰	۱۰	۷۴	۸	۲۸	۸	۸	RPM	۶۰۰
۳		۵	۵۲	۶	۵۰	۵	۱۶	۴	۴	"	۳۰۰
۳	۳	۴	۴۰	۵	۳۷	۴	۱۴	۴	۴	CPS	گرانروی ظاهری
۳	۳	۳	۲۸	۴	۲۴	۳	۱۲	۴	۴	"	گرانروی پلاستیکی
۰	۰	۲	۲۴	۲	۲۶	۲	۴	۰	۰	lb/100ft ²	نقطه واروی
۰	۲	۰	۲	۰	۳	۰	۳	۰	۰	"	ژل ۱۰ ثانیه
۰	۵	۳	۲	۰	۳	۱	۳	۰	۰	"	ژل ۱۰ دقیقه
۸/۲	۸/۳	۸/۴	۸/۳	-	-	-	-	-	-	-	pH
۴۲	بدون کنترل	۱۳	۷/۶	-	-	-	-	-	-	ml/30Min	افت صافی API

گل)، هیدروکسید پتاسیم (کنترل pH) و کلرید پتاسیم (پایداری لایه شیل) و باریت برای افزایش وزن استفاده می شوند. گل ساخته شده با وزن ۱۸/۶-۸/۶ ppg و به ازای مصرف ۳ پوند بر بشکه پلیمر، دارای خواص رئولوژیکی و افت صافی مناسب می باشد [۲]. از لحاظ تاثیر آلودگی ذرات جامد بر این گل در مقایسه با سیستم پتاسیمی می توان گفت ۱۵٪ (۵/۵ پوند بر بشکه) آلودگی ذرات جامد در این گل، افزایشی در نقطه واروی و استحکام ژله ای ندارد (جدول ۹).

نتایج نشان می دهد که در ۱۰۵ پوند بر بشکه از ذرات جامد خواص رئولوژیکی افزایش می یابد اما باز هم می توان خواص گل را تغییر و آنرا با پلیمر اضافی درمان کرده و دوباره به داخل چاه پمپ کرد. سیالات با مواد جامد بالاتر نسبت به درجه حرارت پایدار هستند. به عنوان مثال در وزن ۱۴ ppg و با ۳۵ ppb از مواد جامد حفاری، زمانی که به مدت ۱۶ ساعت در دمای ۳۵۰ درجه فارنهایت به طور ساکن نگهداری شوند، دارای نقطه واروی ۶ و استحکام ژله ای ۱/۰ft²/lb و ۵ و ۲ می باشد. میزان pH در ۹/۱ ثابت مانده و افت صافی پایین نگهداشته می شود. با تعقیب تغییرات خواص رئولوژیکی با درجه حرارت از گل حفاری ۱۴ ppg با خواص زیر استفاده شد [۳].

لازم به توضیح است افت صافی HPHT در ۴۰۰ °F و فشار ۵۰۰ psi اندازه گیری و از گرانیوی سنج Fann تحت فشار و حرارت استفاده شد. نتایج در جدول ۹ مشاهده می شود.

نتایج نشان می دهد با افزایش فشار و با سرد کردن مجدد نمونه تا ۷۵ °F میزان گرانیوی افزایش می یابد در این حالت یکپارچگی سیال و پلیمر بعد از حرارت ۴۴۰ °F و فشار ۱۰۰۰۰ psi مجدداً ابقا می شود.

حساسیت نسبت به آلودگی سیمان

کوچکترین آلودگی حاصل از سیمان (کمتر از ۱٪) سبب ژل شدن گل آب پایه شده و اما در استفاده از پلیمر سولفوناتی،

که ایجاد رسوب می کند و در نتیجه نقطه واروی و استحکام ژله ای کاهش می یابد. استفاده از مقدار بیشتری از پلیمر و نیز ثابت نگه داشتن خواص رئولوژیکی، می تواند میزان افت صافی را کاهش دهد.

گل های حفاری بازدارنده و پایدار در برابر دما

معمولاً از گل های بازدارنده برای جلوگیری از تورم لایه های شیلی که حفاری در آنها با محدودیت هایی مواجه است، استفاده می شود. از جمله حساسیت هایی که این لایه ها دارند عبارتند از:

- ناپایداری در برابر گل های سنگین با محدوده کم نمک (به ویژه نمک های کلسیمی)
- میزان خوردگی بالا
- پایداری دمایی محدود
- احتیاج به مواد پراکنده ساز برای کنترل رئولوژی گل برای مثال گل پتاسیمی با وزن زیاد ناپایدار بوده و نسبت به ذرات جامد و خرده های حفاری که باعث آلودگی گل می شوند، بسیار حساس است. معمولاً در این نوع گل از پراکنده سازها یا تینرها استفاده می شود. محدودیت دما در مورد این نوع از گل ها باید مشخص شود زیرا تینرها و کنترل کننده های افت صافی در دماهای بالاتر از ۳۵۰ °F دیگر موثر نخواهند بود.

عملکرد ترکیبات گل پتاسیمی

در آزمایشگاه مواد تشکیل دهنده گل پتاسیمی با وظایف مختلف با آب دریا یا آب شیرین ساخته می شود:

استات پتاسیم به عنوان نمک بازدارنده برای افزایش پایداری لایه شیل و حل مشکلات حاصل از عملیات نمودارگیری در غلظت های بالای کلرید، بنتونیت پیش هیدراته یا خاک رس نمکی (برای بالا بردن ویسکوزیته) سیپولیت (ویسکوزیفایر در دماهای بالا)، وینیل سولفونات وینیل اکریل آمید (کاهنده افت صافی و پایدار کننده رئولوژی

جدول ۹. فرمولاسیون سیالات حفاری، محدودیت به جامدات حفاری

گل حفاری تهیه شده با آب دریا		نقطه واروی (lb/۱۰۰ft ^۳)		استحکام ژله‌ای (lb/۱۰۰ft ^۳) ۱۰ دقیقه/۱۰ ثانیه	
مواد جامد (lb/bbl)	وزن سیال (PPg)	اولیه	رول ۱۶ ساعته در ۱۵۰°F	اولیه	رول ۱۶ ساعته در ۱۵۰°F
۰	۸/۶	۲	۳	۲/۲	۲/۲
۱۰/۵	"	۲	۰	۱/۲	۱/۱
۲۱	"	۲	۱	۱/۱	۱/۳
۳۵	"	۲	۱	۰/۲	۱/۲
۵۲/۵	"	۲	۴	۲/۴	۱/۳
۰	۱۰	۶	۴	۲/۴	۲/۳
۱۰/۵	"	۸	۴	۳/۴	۲/۳
۲۱	"	۴	۶	۲/۴	۳/۳
۳۵	"	۶	۶	۲/۴	۲/۳
۵۲/۵	"	۶	۴	۲/۶	۲/۵
۰	۱۲	۲	۴	۲/۳	۱/۳
۱۰/۵	"	۰	۴	۲/۳	۱/۴
۲۱	"	۲	۴	۲/۳	۱/۳
۳۵	"	۴	۴	۲/۴	۲/۳
۵۲/۵	"	۴	۴	۲/۵	۲/۶
۰	۱۴	۴	۲	۲/۴	۲/۵
۱۰/۵	"	۰	۲	۲/۳	۳/۵
۲۱	"	۳	۴	۲/۵	۲/۵
۳۵	"	۴	۴	۲/۵	۲/۶
۵۲/۵	"	۶	۴	۲/۶	۲/۷
۷۰	"	۱۰	۱۲	۲/۱۳	۴/۱۲
۸۷/۵	"	۱۶	۱۶	۴/۲۰	۵/۱۹
۱۰۵	"	۲۲	۲۶	۵/۲۸	۸/۱۹

جدول ۱۰. خواص گل حفاری تهیه شده

وزن PPG	PV cps	YP (lb/۱۰۰ft ^۳)	استحکام ژله‌ای		افت صافی (cc/۳۰ min)		pH
			اولیه	ثانویه	API	HPHT	
۱۴	۳۱	۸	۳	۴	۶/۶	۳۴	۹/۵

جدول ۱۱ - پایداری حرارتی سیال با زارنده اطلاعات ویسکومتر

واحد های دلخواه ویسکومتر	فشار (psi)	درجه حرارت (°F)
۵۶	۱۰۰۰	۷۵
۴۴	۲۰۰۰	۱۰۰
۳۶	۴۰۰۰	۱۵۰
۳۰	۷۰۰۰	۲۰۰
۲۶	۸۰۰۰	۲۵۰
۲۴	۹۰۰۰	۳۰۰
۲۰	۹۵۰۰	۳۵۰
۲۰	۹۵۰۰	۳۷۵
۲۲	۱۰۰۰۰	۴۰۰
۱۲	۱۰۰۰۰	۴۴۰
۵۰	-	سرد شده تا ۷۵

جدول ۱۲ - میزان محدوده به آلودگی سیمان

ترکیبات گل حفاری (پوند بر بشکه)												خواص رئولوژیکی (چرخش در ۱۵۰°F)			
وزن سیال (PPG)	آب شیر (CC)	نمک دریا	استنات پتاسیم	خاک رس نمکی	پلیمر سولفوناتی	کاستیک سودا	ANSS	باریت	جامدات حفاری	سیمان	VSA/اضافی	نقطه واروی (lb/۱۰۰ft) ^۲	ژل ۱۰ درقیه (lb/۱۰۰ft) ^۲	افت صافی API (ml/۴۰mln)	پتاسیم (mg/l)
۱۴	۲۷۹	۱۱	۸	۱۵	۴	۰/۲۵	۵	۳۰۰	۳۵	-	-	۶	۶	۱۲/۲	۱۰۲۰
۱۴	۲۷۹	۱۱	۸	۱۵	۴	۰/۲۵	۵	۳۰۰	۳۵	۱۰/۵	-	۸	۱۳	-	-
۱۶	۲۵۲	۱۰/۶	۷/۲	۱۲/۵	۳	۰/۲۵	۵	۴۱۰	۳۵	۱۰/۵	-	۲۲	۲۵	۱۰	۱۰۴۵
۱۶	۲۵۲	۱۰/۶	۷/۲	۱۲/۵	۳	۰/۲۵	۵	۴۱۰	۳۵	۱۰/۵	۲	۴	۳	-	-
۱۶	۲۵۲	۱۰/۶	۷/۲	۱۲/۵	۳	۰/۲۵	۵	۴۱۰	۳۵	۱۷/۵	-	۲۸	۷۶	-	-

ANSS: Alkyl Naphthalene Sodium Sulfonate

۴۰۰ °F و آب نمک کلسیم کلراید تا ۱۴۷۵۰ppm و میزان کربنات ppm ۲۰۰۰ بود و با وجود آلودگی و دمای بالا، کنترل افت صافی در این شرایط با مشکل مواجه بود. افت صافی مطلوب در این شرایط ۸ میلی لیتر بر ۳۰ دقیقه است. برای کنترل افت صافی روزانه ۵ تا ۱۰ کیسه پلیمر به گل اضافه می شد. لذا می توان نتیجه گیری کرد که: با استفاده از پلیمر سولفوناتی می توان از گل پایه آبی تا دمای ۳۵۰ °F استفاده کرد. این پلیمر نقش مهمی در کنترل افت صافی و ثابت نگه داشتن ویسکوزیته گل در دمای فوق و در حضور آلودگی ها ایفا می کند که توانایی زیاد در عمل آلودگی حاصل از ذرات سیمان و جامد دارد و در کاهش هزینه حفاری بسیار موثر است.

علائم و نشانه ها

AV = Apparent Viscosity
 PV = Plastic Viscosity, cps
 YP = Yield Point
 GS = Gel Strength, Lb/100ft²
 FL = Filtration Loss, cc/30 min.
 PPG = Pound Per Gallon
 RPM = Round Per Minute
 HPHT = High Pressure High Temperature
 lb/bbl =ppb = Pound/Barrel,
 CPs = Centy Poise

پایداری گل های پتاسیمی در برابر سیمان با غلظت بالا افزایش می یابد. مصرف ۳ پوند بر بشکه از پلیمر سولفوناتی، نقطه واروی و استحکام ژله ای سیال دارای ۵٪ سیمان را پایین نگه می دارد. افزایش کمی در YP و ژل با غلظت ۱۴ ppg (آلوده با ۱۰٪ ذرات جامد و ۳٪ سیمان) مشاهده می شود. خواص فوق برای گلی با وزن ۱۶ ppg آلوده با ۱۰٪ ذرات جامد و ۳٪ سیمان به ترتیب ۲۲ و ۲۵ بود که با مصرف ۲ پوند بر بشکه از پلیمر سولفوناتی این مقادیر تنزل کردند. توانایی این پلیمر در پایداری نگه داشتن خواص رئولوژیکی را مربوط به گروه سولفونات متصل به طرف مثبت رس آن می شود. در آلودگی هایی که توسط سیمان یا کلرید کلسیم به وجود می آید گروه سولفونات با کلسیم کمپلکس تشکیل و افزایش کمی سولفات ویسکوزیته را کاهش می دهد.

نتایج

پلیمرهای پایدار در دمای بالا سولفونات، در چاهی مورد آزمایش و ارزیابی قرار گرفتند. که از عمق ۱ تا ۲۱۰۶۸ فوت با گل سنگین که حاوی ۳۵-۴۰ پوند بر بشکه لیگنوسولفونات و بنتونیت بود، حفاری شد. در عمق ۱۹۰۰۰ فوت دمای ته چاه

منابع

- [1] R.D. Sydansk, *Stabilizing Clay with Potassium Hydroxide*, SPE Paper 1172, 1990.
- [2] W.F. Rogers, *Composition and Properties of Oil Well Drilling Fluids*, Gulf Publishing Co., Houston, 1963.