Archive of SID

مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
تهران، ۲۹ خرداد ماه ۱۳۹۳ مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا
تلفن: ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱ www.Reservoir.ir

بررسی و مقایسه عملکرد سیالات حفاریسازگار با محیط زیست در پایدار نمودن شیلها(با استفاده از دستگاه تورم سنج)

مهدی مومنی[۱]
شرکت ملی حفاری ایران - اداره مهندسی و برنامه ریزی سیال حفاری- اهواز - بلوار نفت
mehdi_moemenii@yahoo.com

چکیده

مشکلات مربوط به تورم و ناپایداری سازندهای شیلی در حین حفاری، یکی از عوامل مهم در ایجاد وقفه و تأخیر در روند عملیات حفاری محسوب می شوند. عامل اصلی بروز این رویداد، اثرات متقابل میان شیل ها و سیالات حفاری استفاده شده می باشد, آب موجود در سیال توسط شیل ها جذب شده و باعث تورم و پراکنده شدن آنها می شود. تا کنون تلاش های زیادی در جهت کاهش اثرات مخرب این پدیده انجام شده است. درمناطقدارایشیل می توانازدودستهسیالپایهآبیوپایهروغنیجهتحفاریاستفادهکرد.سیالپایهروغنیبهعلتعدم وجود آب آزاد در سیستم, جهت حفاری سازندهای شیلی مناسب می باشد ولی استفاده از این سیالبه دلایل عدم سازگاری با شرایط زیست محیطی، هزینه بالا محدود می باشد. درسیالات پایهآبیمقدارآبمورداستفادهو موادی که جهت پایداری و کنترل تورم شیل ها درسیال به کار میروندبسیارحائزاهمیتاست. در راستای طراحی سیالات پایه آبی که جهت حفاری سازند های شیلی مناسب بوده و همچنین با شرایط زیست محیطی نیز سازگار باشند تحقیقات زیادی صورت گرفته است و مواد جدیدی به عنوان پایدار کننده شیل معرفی شده اند. در این مقاله تلاش گردید تا با طراحی سیالات پایه آبی با خصوصیات مناسب جهت حفاری سازند های شیلی و استفاده از دستگاه تورم سنج خطی (liner swell meter)، میزان دقیق تورم شیل ها در اثر جذب آب اندازه گیری شود، تا از بررسی و مقایسه ی این داده ها سیال حفاری با خصوصیات مناسب جهت حفاری شیل ها و همچنین سازگار با محیط زیست تعیین گردد.

واژه‌های کلیدی: شیل, سیال حفاری, میزان تورم, تورم سنج خطی.

[۱]- کارشناس مهندسیوبرنامهریزیسیالحفاری

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه:

صنعت نفت از ابتدا تا کنون با مشکلات زیادی در حفاری لایه های شیلی و مارنی روبرو بوده و گاهی به دلیل همین مشکلات، چاه متروکه و یا در صورت امکان به صورت انحرافی حفاری شده است.[۱] اگرچه با پیشرفت شیوه های حفاری و ارائه بهینه سیالات حفاری به مرور زمان، این مشکلات تا حدودیبرطرف گردیده اند ولی همچنان از مسایل عمده صنعت نفت و حفاری محسوب می شود.[۲] در ایران قدمت این مشکلات به حدود صد سال می رسد. با توجه به اهمیت موضوع و هزینه های بالای حفر هر چاه، می بایستی با انجام کارهای مطالعاتی و ارائه راه حل های منطقی، مشکلات اقتصادی ناشی از این پدیده را تا حد امکان کاهش داد.

بیش از ۸۰٪ سازندهای حفاری شده در جهان را شیل ها (سازندهای غنی از رس) تشکیل می دهند. پایدار نمودن دیواره چاه در سازندهای شیلی، اهمیت استفاده از سیال حفاری مناسب را بیشتر مشخص می نماید.[۳] کانیهایرسی که بخش عمده شیل ها را تشکیل می دهندباتوجهبهویژگیهایخاصخودنظیرقابلیتجذبآب،انبساطپذیری،واکنشسطحیو... میتوانندباعثتنگشدنچاه،گرفتگیمتهوریزشدیوارهچاهشوند.

جهتمقابلهبااینگونهمسائلکهامروزهازآنهابهعنوانمشکلاتشیلیادمیشود،راهکارهایمتعددیازجملهارائهسیالاتحفاریباترکیباتمختلفپیشنهادشدهاست.[۴]درحفاریچاههایفتهموارهیکسیالحفاریبادرواقعیکگلحفاریباتوجهبهشرایطسازندطراحیمیگردد،کهموجبخروجکند ههابهسطحزمینوتأمینفشارهیدرواستاتیکارزیدرمقابلدیوارهسازندوجلوگیریازتخریبیافورانسیالسازندمیگردد. درمناطقدارایشیل می توانازدودستهسیالپایهآبیوپایهروغنیجهتحفاریاستفادهکرد کهدرسیالات پایهآبیمقدارآبموردااستفادهدرسیالبسیارحائزاهمیتاست،چراکهشیلهایموجوددرلایههایمختلفزمینتوسطآبپراکنده (disperse)ومتورممیشوندکهباعثشدهلولههایحفاریدرونچاهگیرکردهوعملیاتحفاریمتوقفگردد.[۵]، [۶]بههمینجهتانتخابنوعموادسازندهسیالحفاریبرحسبفرمولاسیونمناسبحائزاهمیتاست. سیالپایهروغنیبهعلتعدم وجود آب آزاد در سیستم, جهت حفاری سازندهای شیلی مناسب می باشد ولی استفاده از این سیالبه دلایل عدم سازگاری با شرایط زیست محیطی، هزینه بالا و پسماند روغنی محدود می باشد.

در راستای طراحی سیالات پایه آبی که جهت حفاری سازند های شیلی مناسب بوده و همچنینبا شرایط زیست محیطی نیز سازگار باشند تلاش های زیادی صورت گرفته است و مشخص گردیده است که پتاسیم کلراید به علت واکنش یون پتاسم با رس ها می تواند به طور منحصر به فردی در پایداری شیل ها عمل کند ، که دلیل آن وجود لایه های بسیار نازک آبپوشی بر روی یون های پتاسیم می باشد.[۷] به همین منظور، در سال های اخیر محققان صنعت حفاری، در زمینه ی بهینه سازی سیالات پایه آبی (شامل پتاسیم کلراید) قدم هایی برداشته اند و با افزودن مواد دیگر همچون پلیمرهایی که ذرات رس و شیل ها را کپسوله کرده و مانع از انتشار آن ها درسیال حفاری می گردند و یا گلایکول که با مسدود نمودن منافذ میکرونی موجود در ساختمان شیلها، آنها را دربرابر هجوم سایرمحتویات سیال مصون می نماید, باعث بهبود عملکرد سیال شده اند.[۸] در این مقاله تلاش گردید تا با طراحی سیالات پایه آبی با خصوصیات مناسب جهت حفاری سازند های شیلی و استفاده از دستگاه تورم سنج خطی(liner swell meter)، میزان دقیق تورمشیل ها در اثر جذب آب اندازه گیری شود،تا از بررسی و مقایسه ی این داده ها سیال حفاری با خصوصیات مناسبجهت حفاری شیل ها و همچنین سازگار با محیط زیستتعیین گردد.

۲- متن:

۲-۱- ابزار و مواد مورد استفاده:

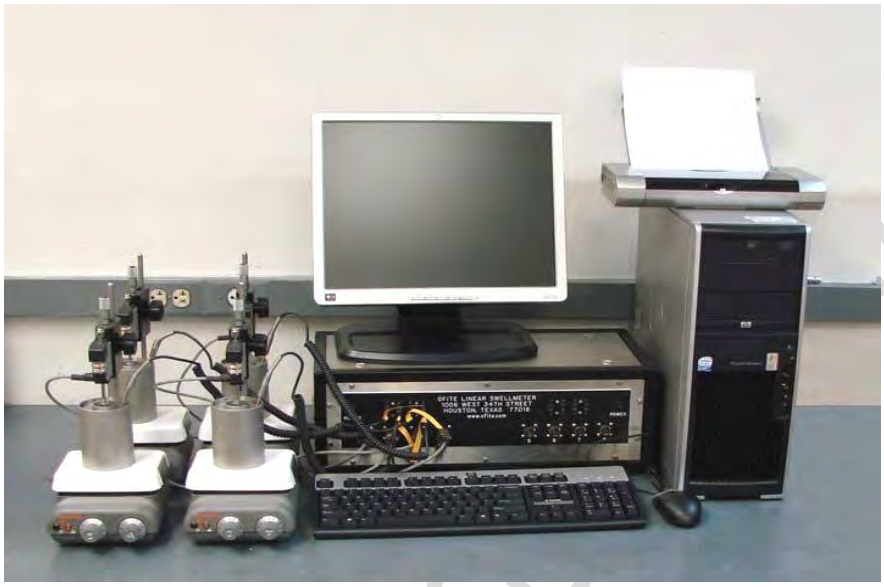
در این آزمایش از دستگاه تورم سنج خطی برای اندازه گیری میزان تورم شیل ها استفاده گردید. تورمسنجیخطی،روشبسیارمؤثریبرایبررسیبرهمکنشهایبینسیالاتآبیوکانیهایحاویرسهایغالمانندشیلتحتشرایطمحرک(درحالیکهسیا لدرحالحرکتاست)بهشمارمیرود.ایندستگاهتغییراتبهوجودآمدهدربرهمکنشرس/ سیالرابرایدورههایزمانیکوتاهوبلندمدتنشانمیهد

www.SID.ir

Archive of SID

(شکل ۱). مواد مورد استفاده شامل نمونه های شیلی می باشد(در این آزمایش از سدیم مونت موریلونایت به عنوان نمونه شیلی فعال استفاده شده است) و همچنین از آب، پتاسیم کلراید، گلایکول (با نقطه ابری شدن ۷۸ درجه فارنهایت)، آسفاسول،PacLV، PacUL و PHPAجهت ساخت سیالات پایه آبی و از گازوئیل، آهک، امولسیفایر اولیه، امولسیفایر ثانویه، کلسیم کلراید، ویسکاسیفایر و کنترل کننده صافاب (FLC) جهت ساخت یک نمونه سیال پایه روغنی استفاده گردید.

دستگاه تورم سنج خطی (شکل ۱)



۲-۲- روش آزمایش:

در این آزمایش ابتدا ۳ نمونه سیال حفاری پایه آبی و یک نمونه سیال حفاری پایه روغنی تهیه گردید. سیالات پایه آبی همگی شامل پتاسیم کلراید بوده و جهت بهبود عملکرد سیال در پایداری شیل ها، از افزایه های مختلف کنترل کننده تورم با مقادیر مختلف استفاده گردید. همچنین یک نمونه سیال پایه روغنی (سیال ۴) جهت مقایسه میزان توروم ساخته شد. فورمولاسیون سیالات مختلف مطابق با جداول زیر می باشند (جدول ۱و ۲). در سیال ۱ (گلایکول با نقطه ابری شدن ۷۸ درجه فارنهایت)، در سیال ۲ (پلیمر PHPA و آسفاسول) و در سیال ۳ (آسفاسول) به عنوان کنترل کننده تورم شیل ها استفاده شد, همچنین در تهیه هر سه مورد, پلیمرهای مختلف پلی آنیونیک سلولز (Pac) که علاوه بر بهبود خواص رئولوژی تا حدودیتوانایی کنترل تورم شیل ها را دارند نیز به کار رفت.

فورمولاسیون سیالات پایه آبی (جدول ۱)

مواد	واحد	سیال ۱	سیال ۲	سیال۳
WATER	ml	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰
KCl	gr	۲۰	۲۰	۲۰
Pac LV	gr	4	4	4
Pac UL	gr	2	-	2
GLIYCOL	ml	21	-	-
PHPA	gr	-	2	-
ASPHASOL	gr	-	5	5

www.SID.ir

Archive of SID

فورمولاسیون سیال پایه روغنی (جدول ۲)

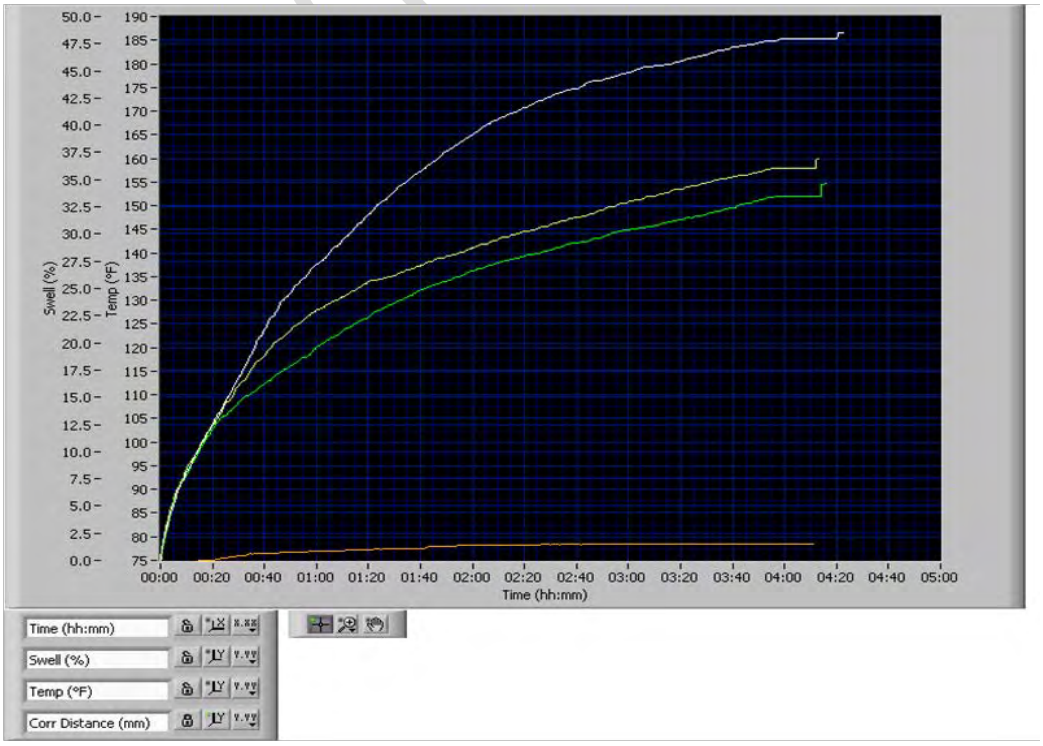
مواد	واحد	سیال ۴
GASOIL	ml	۱۸۷/۵
P. EMULSIFIER	ml	۱۲
LIME	gr	۱۳
FLC	gr	۱۰/۵
CaCl2,Wat	ml	۱۴۰
S. EMULSIFIER	ml	۳/۵
VISCOSCOSIFIER	gr	۰/۵

قبل از انجام آزمایش باید نمونه های شیلی را به صورت پودر درآورده و در دستگاه متراکم ساز (compactor) بهمدت ۳۰ دقیقه تحت فشار ۶۰۰۰ پام قرار دهیم (این شرایط برای نمونه های شیلی قرار دادی بوده و برای همه ی نمونه ها ثابت است). سپس نمونه های ساخته شده را درون سل های مخصوص, در مجاورت سیالات مختلف قرار دادیم که در تمام مدت آزمایش سیالات توسط همزن های مغناطیسی دستگاه در حال حرکت بودند. میزان تورم نمونه ها برای مدت ۴ ساعت تا دمای ۱۶۰ درجه فارنهایت اندازه گیری شد.

۲- ۳- نتایج و بحث:

داده های حاصل از آزمایش در جدول ۳ گزارش شده است. همچنین در شکل ۲ نموداری که توسط دستگاه تورم سنج خطی رسم شده است مشاهده می شود, در این نمودار میزان تورم در زمان ها و دماهای مختلف مشخص شده است (ترتیب رنگ نمودارها بدین صورت می باشد: سیال ۱: سفید, سیال ۲: سبز, سیال ۳: زرد و سیال ۴: نارنجی).

نمودار میزان تورم در زمان ها و دماهای مختلف (شکل ۲)



www.SID.ir

Archive of SID

داده های حاصل از آزمایش (جدول ۳)

زمان (ساعت)	دما (F)	درصد تورم	نمونه ها
۴	۱۶۰	۴۸/۷	سیال ۱
۴	۱۶۰	۳۴/۹	سیال ۲
۴	۱۶۰	۳۷/۱	سیال۳
۴	۱۶۰	۱/۸	سیال۴

بر اساس نتایج ارائه شده در غالب شکل ۲ و جدول ۳, میزان تورم در سیال ۴ (پایه روغنی) در حدود ۱/۸ درصد و بسیار کم می باشد, ولی در مورد سیالات پایه آبی محدوده تورم بالاتر بوده, به طوری که سیال ۲ شامل پتاسیم کلراید, پلیمر PHPA و آسفاسول با میزان تورم ۳۱/۷ درصد بهترین عملکرد را داشته است و نمونه شیل درون سیال ۳ که تنها شامل پلیمر هایPac و آسفاسول بود تا ۳۴/۹ درصد متورم شد و سیال ۴ که شامل پلیمر هایPac و گلایکول بود با تورم ۴۸/۷ درصد نتیجه ضعیفتری نسبت به سه سیال دیگر نشان داد. آنچه که از این نتایج برمی آید آن است که سیالات پایه آبی که شامل ترکیبی از چند نوع ماده کنترل کننده (به عنوان مثال: پتاسیم کلراید, پلیمر PHPA و آسفاسول) باشند عملکرد بهتری خواهند داشت.

۳- نتیجه گیری:

نتایج حاصل نشان داد که سیال پایه روغنی عملکرد بسیار خوبی دارد اما در مناطقی که استفاده از آن امکانپذیر نمی باشد باید از سیالات پایه آبیکه شامل ترکیبی از چند نوع ماده کنترل کننده شیل باشند استفاده کرد تا میزان تورمبه حداقل ممکن برسد. در این آزمایش بهترین نتایج در اثر استفاده از سیالی که شامل ترکیبی از پتاسیم کلراید, پلیمر PHPA و آسفاسول بود حاصل گردید. در این آزمایش تعدادی از ترکیبات کنترل کننده شیل با مقادیر مشخص مورد ارزیابی قرار گرفت, لذا پیشنهاد می گردد در زمینه ی استفاده از سایر ترکیبات که توانایی پایداری شیل ها را دارند و تعیین نمودن مقدار مصرفی بهینه آنها بررسی های بیشتری به عمل آید.

مراجع:

[1] Chenevert M.E., 1970, *"Shale Alteration by Water Adsorption"*, JPT. Vol. 22, pp 1141-1148, 1970.
[2] Al-Awad N.J. and Smart B.G.D., 1996, "*Characterization of Shale-Drilling Fluid Interaction Mechanisms Related to Well bore Instability"*, J. King Saud Univ., Vol.8, Eng. Sci. (2), pp 187-215,1996.
[3] Ross C. P.,2011*" Applied Clay Science"*,Volume 54, Issues 3–4, December 2011, Pages 264–273.
[4] Chenevert M.E. and Osisanya S.O., 1989, *"Shale/Mud Inhibition Defined with Rig-Site Methods"*, SPE Drilling Engineering, September, 1989.
[5] Chenevert M.E. and Pernot V., 1998, *"Control of Shale Swelling Pressures Using Inhibitive Water Based Mud's"*, SPE 49263 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, September 27-30, 1998.
[6] O'Brien D.E., and Chenevert M.E., 1973 *"Stabilizing Sensitive Shales with Inhibited, Potassium-Based Drilling Fluids*", JPT. Vol. 25, pp 1089-1100.
[7]Zhang J,, Baker Atlas and Baker Hughes Drilling Fluids,2006,*" Ion Movement and Laboratory Technique to Control Wellbore Stability"* AADE-06-DF-HO-37,Presented presentation at the AADE 2006 Fluids Conference held at the WyndamGreenspoint Hotel in Houston, Texas, April 11-12, 2006.
[8] Young S. and Stamatakis E.,2006,*"Novel Inhibitor Chemistry Stabilizes Shales"*,AADE-06-DF-HO-39 presented at the AADE 2006 Fluids Conference held at the Wyndam Greens point Hotel in Houston, Texas, April 11-12, 2006.

www.SID.ir

Archive of SID

www.Reservoir.ir

www.SID.ir