سومین کنفرانس ملی ژئومکانیک نفت
مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران
تهران، ۲ الی ۳ بهمن ۱۳۹۷

بررسی فاکتورهای طراحی سیال حفاری برای کنترل ناپایداری چاه در سازندهای شکافدار

امیرافضل کیانی شاهوند[۱]؛ صاحب طواف[۲]

چکیده

وجود ریزشکستگی‌ها امروزه به عنوان علت شایع ناپایداری چاه، به خصوص در نفوذپذیری فوق‌العاده کم سنگهایی مانند سنگ شیلی و برخی سنگ آهک ها شناخته می‌شود. در سازندهای ناپایدار ریزشکستگی‌ها، از فشار افزایی به وسیله سیال حفاری در سازندهای شکافدار جلوگیری می شوند که مسئله بسیار مهمی است. این مقاله جنبه‌های مکانیکی سنگ را از لحاظ ناپایداری چاه در سازندهای ریزشکستگی‌ها (شکستگی های جزئی) بررسی می کند و سیالات حفاری و روشهای حفاری را شناسایی و مشکلات حفاری را کاهش دهد. پایداری بهبود یافته چاه می تواند با استفاده از برخی افزودنیهای سیالات حفاری خاص حاصل شود که شکستگی‌ها را مسدود می‌کند. موفقیت محدودی با اندازه مواد جامد، آسفالت، گیلسونایت یا هرزروی مواد در گردش دیده می شود اما اخیرا یک افزودنی توسعه یافته برای استفاده از سیال پایه آبی یا نفتی، برای جلوگیری از بسیاری از ناپایداری ها ارائه شده است.

کلیدواژه‌ها: ریزترک، طراحی سیال حفاری، روش حفاری، مواد جایگزین سیال حفاری

۱- مقدمه

در صنایع نفت و گاز پایداری چاه از اهمیتی فوق العاده برخوردار است چرا که یک چاه ناپایدار نیاز به عملیات اضافی، گران و زمان بر دارد و در برنامه ریزی و زمان بندی پروژه های حفاری نقشی مهم ایفا می کند. معمولا فاکتورهایی که موجب عدم پایداری چاه می شوند مانند جهت حفر چاه، جهت و بزرگی میدان های تنش برجا، خصوصیات توده سنگ، فشار منفذی برجا و القایی و فشار گل حفاری. هرچند هم داده های حاصل از میدان تنش و هم داده های حاصل از آزمایش ها نشان داده اند که افزایش وزن گل در سازندهای شکسته شده بر اساس راه حل های محیط های پیوسته نقشی منفی را در پایداری چاه بازی می کند. ناپایداری چاه در حین حفاری می‌تواند یک یا بیش از یک دلیل داشته باشد و ممکن است به صورت حفره‌ها، حفره تنگ یا فرسایش حفره به نظر برسد. این نتایج شامل تمیزکردن حفره ضعیف (گاهی اوقات منجر به فشرده سازی، گیر لوله و در نهایت چاه‌های کنارگذر)، کیفیت ضعیف سیمانکاری، کیفیت ضعیف عملیات نمودارگیری از چاه، بازدهی نامناسب عملیات مشبک کاری، مشکلات در داخل و خارج کردن لوله ها به درون حفره و وضعیت نامناسب گل باشد. هنگامیکه

[۱] کارشناسی ارشد مهندسی نفت، kiani.petro0215@gmail.com
[۲] کارشناسی ارشد مهندسی نفت حفاری و بهره برداری، saheb.tavaf@gmail.com

علت ها شناخته شد، یک تصمیم گیری آگاهانه می تواند نقشه طراحی چاه، عملیات حفاری و فرمولاسیون سیال حفاری توسعه یافته را مشخص کند که می تواند مشکلات و هزینه ها را کاهش دهد.

۲- اثر گل حفاری بر روی سازندهای ریز شکافدار(مطالعات پیشین)

Last et al. (1995) پیشنهاد کردند ظرفیت آب بندی شکاف بوسیله گل را افزایش دهند تا تهاجم و نفوذ فشار به شیل های شکسته را تاخیر دهد. آنها همچنین از نگهداری حداکثر وزن گل اصلی برای پایداری حفره حمایت کردند[۱].

McLellan and Cormier (1996) براساس مطالعات میدانی، آزمایشگاهی و مدلسازی پیشنهاد کرده اند که چگالی گل به تنهایی نمی تواند تمایل به کاهش مچالگی گمانه در شیل های شکسته بستگی داشته باشد. آنها تصریح کردند که چگالی گل بیش از حد، به ویژه در شیل های ورقه ورقه شده، شکسته شده، می تواند منجر به نفوذ بیش از حد فشار منافذ، باعث کاهش در تنش موثر نزدیک به دهانه چاه، منجر به عملکرد بیشتر شود. آنها همچنین اظهار داشتند که اثربخشی گل های پایه نفتی می تواند در شیل بسیار شکسته محدود شود[۲].

Økland and Cook (1998) براساس تجربه کاربردی و شواهد آزمایشگاهی از تست های مچالگی توخالی سیلندرهای ضخیم، تعیین کردند که تأثیر ناپایداری بستر در مسیرهای گمانه ای که در نزدیکی بستر های موازی به هم حفاری می شوند، شناسایی شده است. آنها پیشنهاد کرده اند حداقل "زاویه حمله" ۲۰ درجه، بر اساس تجربه از میدان Oseberg، که حفاری از طریق شیل Jurassic Draupne بود پیشنهاد کردند[۳].

Edwards et al. (2002) معتقد است که در مناطقی که صفحه های از پیش موجود ضعیف (مانند صفحات بستری و شکستگی) بر مکانیزم ناپایداری تسلط دارند، افزایش وزن گل لزوما منجر به حفره پایدارتر نمی شود و می تواند حفره را نیز ناپایدار کند[۴].

Wilson et al. (2007) به این نتیجه رسیدند که چاه های حفاری با زاویه کم به داخل صفحات می تواند مکانیسم های اضافی ناپایداری را ایجاد کند که نمی تواند به راحتی با افزایش وزن گل ها حل شود. آنها پیشنهاد کردند با استفاده از یک مدل پایداری چاه با محور اصلی عمودی برای ارزیابی تاثیر ناهمسانگردی استحکام و تعیین زاویه هجوم مجاز نسبت به بستر، پیشنهاد شده است[۵].

Gallant et al. (2007) پیشنهاد می کند که چگالی گل باید به اندازه کافی پایین نگه داشته شود تا مانع رسوب فرسایش طبیعی سازندهای شکاف دار شود، اما برای جلوگیری از شکست صفحه های بستری کافی می باشد [۶].

۳- ناپایداری در شیل های میکرو-شکاف دار با تراوایی پایین

به تازگی به نظر می رسد تقسیم بندی میکرو-شکاف ها با نفوذپذیری کم، نسبتا نادر است. آنها در برخی مناطق از با تنش های تکتونیکی بالا (به عنوان مثال در نزدیکی کوههای راکی) شناخته شده بودند، اما با مشکلات بزرگی در چاههایی که در دهه ۱۹۹۰ در نزدیکی آند در کلمبیا حفاری شده بودند، توجه خاصی به این سازندها صورت گرفت. سازند های میکرو-شکاف دار در حال حاضر شناخته شده اند و رایج و گسترده می باشند.

وقتی دهانه چاه در معرض سازندهای میکرو-شکافدار قرار گیرد، سیال حفاری بلافاصله به طرف شکست ها هجوم می آورد(در فشاری بالاتر از فشار منفذی سازند). فشار در شکاف ها با فشار سیستم گردش گل برابر می باشد و بنابراین هیچ حمایتی از دهانه چاه بوسیله سیال حفاری در شرایط فراتعادل وجود ندارد، همانطور که در

سازندهای غیر شکافدار وجود خواهد داشت. واقعیت این است که تراوایی ماتریکس بسیار پایین است و اگر شکستگی ها در تراوایی بیشتر سازند موثر باشد، دو عامل وجود ندارد:

- ✓ از آنجایی که هیچ نشت مهمی از سیال حفاری به طرف ماتریکس وجود ندارد، حجم جریان سیال به طرف میکرو- شکاف ها بسیار پایین است برای اینکه اجازه دهد یک فیلتر کیک با افزودنیهای گل را تشکیل دهد: از این رو شکاف ها توسط فیلتر کیک حمایت نمی شوند.
- ✓ فشار افزایش یافته در میکرو-شکاف ها به داخل ماتریکس تراوش نمی کند، همانطور که در صورت وجود فیلتر کیک در سطح دهانه چاه میکرو شکاف را در سنگ نفوذپذیر محافظت می کند.

۴- علائم ناپایداری دیواره چاه

علائمی که نشانگر ناپایداری چاه هستند به طور کلی به دو دسته تقسیم می شوند .دسته اول علائمی هستند که به طور مستقیم ناپایداری چاه را نشان می دهند و می توان با مشاهده آنها مطمئن بود که دیواره چاه ریزش کرده است، در مقابل علائمی وجود دارد که امکان دارد ناشی از ناپایداری و ریزش دیواره چاه نباشد و می بایست مسائل دیگری به غیر از ناپایداری دیواره چاه نیز بررسی شود تا بتوان نظر درستی در مورد علت رخداد آنها داد. از علائم مستقیم و غیر مستقیم ناپایداری دیواره چاه در حین حفاری می توان به این موارد اشاره کرد :پوسته پوسته شدن دیواره چاه، کاهش سرعت حفاری، چسبیدن لوله به دیواره چاه، شستشوی دیواره چاه، نیاز به تمیز کاری مفرط و غیر طبیعی (برای رسیدن به ته چاه، ریزش کامل دیواره چاه، ایجاد شکاف، هرزروی سیال حفاری و حتی فوران داخلی چاه). شکست مکانیکی دیواره چاه نتیجه فعل و انفعال بین تنشهای برجا، استحکام سنگ و غیره می باشد. بنابراین ابزار اساسی تحلیل پایداری دیواره چاه، آنالیز تنش ها و انتخاب معیار مناسب بسط داده شده برای ژئومتری قوانین اصلی و شرایط مرزی می باشد.

از همه سنگ های تشکیل دهنده سازند که ناپایداری شدید را از خود نشان می دهند، سنگ شیلی به طور گسترده ای رایج ترین و مشکل سازترین سنگ در نظر گرفته می شود. وقوع مکرر ناپایداری در سنگ شیلی با توجه به دلایل متعدد زیر است:

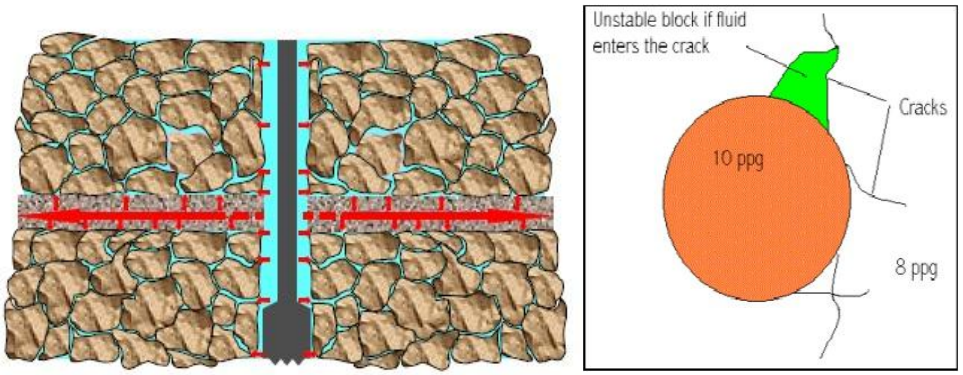
- ✓ بر حسب متراژ حفاری، سنگ های شیلی بیشتر از هر نوع سنگ های دیگر حفاری گردیده اند.
- ✓ سنگهای شیلی از نظر مکانیکی ضعیف هستند و بنابراین تحت تنش های پایین تر از نمونه های ماسه سنگ یا کربناته می شکنند.
- ✓ محتوی سنگ های شیلی، کانی های رسی می باشند که می تواند با برخی از انواع سیالات حفاری واکنش نشان دهد. بسیاری از سنگهای رسی اتصال ضعیفی دارند بنابراین به آسانی از طریق جریان سیال حفاری فرسوده می شوند.
- ✓ به طور کلی سنگهای رسی نفوذپذیری بسیار پایینی اغلب در محدوده نانو دارسی قرار دارند. به این معنی است که کیک گیل موثر در دیواره چاه شکل نمی گیرد و بنابراین فشار حفره ها نمی تواند شرایط حد بالای گل را تحمل کند، که این امر موجب نفوذپذیری بیشتر سنگهایی مانند ماسه سنگ می شود. فشار حفره در نزدیکی دهانه چاه افزایش یافته و جریان سیال نخواهیم داشت زیرا نفوذپذیری ماتریکس سنگ بسیار پایین است، از این رو تنش موثر کاهش می یابد و سنگ ضعیف تر می شود.

- ✓ اغلب به دلیل نفوذپذیری کم و سرعت میزان رسوب و دفن شدن، شیل ها می توانند فشار بیشتر را با توجه به بخش های دیگر در ستونهای زمین شناسی تحمل کند.

بنابراین، پیش از بررسی مشکل ناپایداری سنگ شیلی، چه تعدادی از سوالات باید پرسیده شود؟

- ✓ آیا دلیل، فشارحفره (یا فشار بیش از حد) در سنگ شیلی صحیح است؟ اگر چنین است، افزایش وزن گل یک رویکرد منطقی را برای این مسئله ارائه می کند که سازند دیگری در معرض شکست قرار نگیرند، خطرات چسبندگی در سازندهای نفوذپذیر قابل قبول نیستند - یا اگر افق تولیدی مخزن حفاری شود - با افزایش هجوم نرخ سیال حفاری، موجب آسیب سازند نشود.
- ✓ آیا دلیل، واکنش شیمیایی بین مایع حفاری و سنگ شیلی است؟ اگر چنین است، آیا میتوان سیال پایه آبی توسعه یافته ارائه داد یا سیال ساخته شده از مواد پایه روغنی یا مصنوعی پیشنهاد داد؟
- ✓ آیا شیل ها به اندازه کافی نرم هستند که توسط گل در حال گردش به سادگی فرسوده شوند؟ اگر چنین است، آیا می توان هیدرولیک سر مته یا سیال را برای کاهش این مشکل تغییر داد؟
- ✓ آیا شیل ها به طور طبیعی شکسته شده اند یا ناشی از عملیات حفاری می باشند؟ اگر ناشی از شکستگی القایی باشد، چه کاری میتوان برای جلوگیری از این شکستگی انجام داد؟ اگر شکستگی به طور طبیعی باشد، چه کاری میتوان برای پایداری این شکل شکننده انجام داد؟

۵- روش های ناپایداری در طی حفاری



شکل۱- هجوم سیال در ریز ترک ها[۱]

در دهانه چاه امکان این هست که با سازند ریزترک دار مواجه شویم و سیال حفاری (در فشار بالاتر از فشار سازندی) دچار شکاف و شکستگی می شود. فرض کنیم فشار در شکاف ها با سیستم گردش گل برابر است بنابراین دهانه چاه شرایط حد بالایی که توسط سیال حفاری بوجود می آید را تحمل نمی کند.

این تاثیر در شکل۱ با هجوم سیال حفاری در ریزترک ها نشان داده شده است، که نه تنها تاثیر سیال حفاری آسیب اضافی را تثبیت می کند بلکه شکستگی ها نیز با سیال حفاری پر می شوند. این امر زاویه اصطکاک

شکستگی‌ها را کاهش داده و موجب ناپایداری دیواره دهانه چاه می شود . شواهد منتشر شده نشان می دهند که این تاثیر می تواند گاهی اوقات با سیال پایه نفتی یا مواد ترکیبی بدتر شود.

با این حال، به نظر می رسد که بسیاری از سنگهای شیلی دارای شکستگی جزئی، فعالیت شیمیایی بالایی ندارند. این یک فرض کلی منطقی است به این دلیل که سنگهای رسی دارای ریزترک های معمولا فشرده و شکننده هستند و غنی از کانی های خاک رس غیرمتورم مانند ایلیت، کلریت و کائولینیت هستند. سنگهای رسی غنی از اسمگتیت متمایل به نرم شدن، حالت پلاستیکی و تمایل کمتر به شکستگی دارند. برای مثال، در سازندهای کربنی در حوزه کازانیا در کلمبیا، واکنش شیمیایی سنگ رسی پایین و مکانیسم منسوب به پایدارسازی مکانیکی ناشی از هجوم سیال در ریزترک است.

۶- مکانیسم انتشار فشار و سیال در دهانه چاه

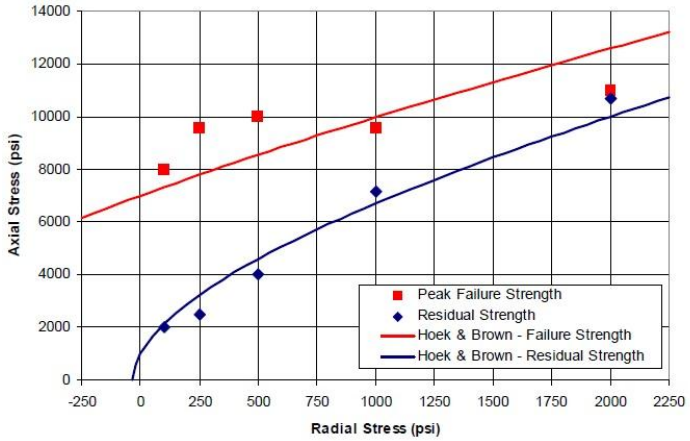
یک پتانسیل برای سیال دهانه چاه و انتشار فشار در نزدیک سنگ دهانه چاه وجود دارد وقتی که فشار دهانه چاه فراتر از فشار منفذی سنگ رود. اگر سنگ دارای نفوذ پذیری کافی باشد، این انتشار سیال و فشار ممکن است فشار منفذی ماتریکس سنگ را افزایش دهد. این منجر به ناپایداری می شود اگر کاهش در تنش اصلی موثر باعث شود که تنش برشی حاصله با پوش گسیختگی سنگ تلاقی پیدا کند. در مورد شیل های شکسته با نفوذ پذیری پایین، انتشار فشار و سیال به شبکه شکستگی ممکن است رخ دهد. در این مورد فشار منفذی ماتریکس سنگ تغییر نمی کند اما فقدان تنش شعاعی موثر بر قطعات متلاشی شده سنگ منجر به ناپایداری می شود. افزایش ظرفیت آب بندی گل، اثرات نامطلوب مکانیسم های سیال و فشار بالا را محدود می کند. با این حال، در هر دو مورد، وزن گل کافی برای محافظت در برابر ناپایداری مکانیکی باید بدون در نظر گرفتن مکانیزم انتشار سیال و فشار، حفظ شود.

معیار شکست هوک و براون یک رابطه تجربی و غیر خطی است و بستگی به جرم توده سنگ و نوع سنگ دارد. ماهیت معیار این است که تنش اصلی موثر سنگ در شکست σ_1' ، زمانی که تنش محدود کننده موثر حداقل σ_3' باشد می تواند از معادله زیر محاسبه شود

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sqrt{I_m S_c \sigma_3' + I_s S_c^2} \qquad (۱)$$

که I_m (شاخص اصطکاک است) و I_s (شاخص دست نخوردگی(بکر) است) ثوابت وابسته به مواد هستند و S_c مقاومت فشاری تک محوری سنگ بکر می باشد. I_m مقدار مثبت محدودی از ۰,۰۰۱ برای توده سنگ بسیار توزیع شده تا تقریبا ۲۵ برای سنگهای سخت بکر است. I_s تغییر حالت گذار از سنگ های بکر ($I_s = ۱$) به توده سنگ کاملا شکسته شده ($I_s = 0$) را شبیه سازی می کند و بنابراین تاریخچه کامل تنش کرنش ماده را پوشش می دهد.

برای محاسبه پوش گسیختگی هوک براون، معیار شکستگی هوک براون، انحنای مناسبی برای استحکام داده های باقیمانده بود، فرض کنیم شاخص دست نخورده سنگ ۰,۲ است (یعنی تقریبا سنگ شکسته شده). پوش گسیختگی برای نزدیک شدن به سنگ دست نخورده با جایگزینی شاخص دست نخورده از ۱ بدست می آید. این دو پوش گسیختگی بعنوان حد بالا و پایین برای استحکام شیل در محل مورد در نظر گرفته شده است.



شکل۲: حد بالا و پایین برای استحکام شیل[۶]

۷- مکانیسم اولیه شکست در سازندهای ریزترک

۱- ریزترک ها در معرض سیال با فشار بالا حفره جدیدی ایجاد می کنند.

۲- هجوم سیال حفاری به ریزترک ها، فشار ترک ها را در دهانه اصلی چاه بالا می برد. سازندهای ریز ترکدار فشار بدست آمده از سیال حفاری را تحمل نمی کند و تمام سازند با کاهش زاویه اصطکاک ترک، ضعیف می شود.

۳- چاه می تواند به طور خود به خود به حفره (غار) تبدیل شود، معمولا، این امر زمانی متوقف می شود که گردش گل حفاری، عملیات لوله بالا و لوله پایین در چاه یا ضربه رشته حفاری به دیواره چاه متوقف شود.

۸- کنترل ناپایداری در سازندهای ریزترک

سه روش باید برای به حداقل رساندن ناپایداری در سازندهای ریزترک با نفوذپذیری پایین وجود دارد:

۱- طراحی نقشه چاه و برنامه ریزی لوله جداری برای به حداقل رساندن قرارگیری لوله جداری در محل وقوع سازندهای ریزترکدار

۲- طراحی سیال حفاری به منظور کنترل میزان ورود سیال حفاری به شکستگی های فرعی تا حداقل ممکن.

۳- اتخاذ روشهای حفاری که اختلال سازندهای شکننده را به حداقل برساند.

۹- مطالعه موردی(طراحی سیال حفاری)

نکته اصلی اجتناب از هجوم ریزترک ها توسط سیالات حفاری است. ما ابتدا فرض می کنیم که هیچ گونه سازند ریز ترک داری که بقدر کافی برای حفاری در شرایط تحت فشار مخزن پایدار باشد موجود نمی باشد بنابراین، با استفاده از یک سیال در شرایط با فشار بالا، احتمال شکست سازند وجود دارد. ما می توانیم ۲ رویکرد را برای از بین بردن یا کاهش اثرات این هجوم در نظر بگیریم:

۱- استفاده از سیالات حفاری که از نظر شیمیایی به ریزترک سیمان و مقاومت کششی ساختاری ذخیره شده در سازند واکنش نشان دهند.

۲- استفاده از مواد افزودنی که هجوم سیال حفاری را متوقف کند.

چندین سیال حفاری پایه آبی ارائه شده است که پتانسیل سیمان را دارند و ریزترک سازند را تقویت می کنند. به طور کلی میتوان آن را واکنش آنیون نامید که شامل سیلیکات، فسفات یا ترکیب آلومینیوم است. مواد مختلفی وجود دارد که مدخل ریز ترک ها را مسدود و از هجوم سیال حفاری به ریزترک ها جلوگیری می کند که شامل میکاها، فیبرها، اندازه مواد جامد و مواد دگردیس پذیر مانند قیر و آسفالت است.

- ✓ اثر میکاها از طریق پل زدن در بازکردن شکستگی ها و در غلظت بالای کافی به جهت تسریع در عملیات مورد استفاده قرار می گیرد. این غلظت بالا می تواند تاثیر سوئی بر رئولوژی سیال حفاری، افزایش چگالی معادل گردش سیال حفاری (و بنابراین احتمال افزایش هجوم سیال حفاری به مدخل ریزترک ها را در پی دارد) ایجاد کند.
- ✓ فیبرها پل هایی در سرتاسر ریزترک ها تشکیل می دهند اما حصاری در نفوذپذیری پایین تولید نخواهند کرد. از این رو آنها از هجوم سیال حفاری و ناپایداری چاه جلوگیری نمی کنند.
- ✓ اندازه مواد جامد، مانند کربنات کلسیم، موفقیت قابل توجهی در شکل گیری کیگ گل محافظ در سازندهای نفوذپذیر نشان می دهند که در آن جهش کافی برای از بین رفتن کیک گل وجود دارد. از آنجائیکه جهش بسیار کمتری در ریزترک از دست می رود، بعید است که لایه محافظ تشکیل شود. برای تاثیر بیشتر باید اندازه کربنات، اندازه مشخص از سطح ترک باشد: این مشکل خاصی در این سازندهاست که عرض شکستگی به طور کلی شناخته شده نیست. اغلب مواد جامد در غلظت بالا (30ppb یا بالاتر) کاربرد دارند؛ که این امر می تواند تاثیر منفی بر رئولوژی سیال حفاری و سرعت نفوذ داشته باشد.
- ✓ ذرات دگردیس پذیر مانند قیر و آسفالت احتمالا مواد افزودنی موفق تری در کنترل ناپایداری در سازندهای ریزترک دار هستند. این مواد برخی توانایی ها را برای تغییر شکل، تبدیل به حالت گچ شدن، بازشدن شکاف هایی با اندازه های متفاوت را دارند و از این رو می تواند برخی از موارد پایداری چاه را مطرح و مورد بحث قرار دهند. مسئله این است که برخی از این مواد به استفاده در درجه حرارت بالاتر از نقطه نرم شدنشان نیاز دارند، و این درجه حرارت در بسیاری از سازندهای شیلی ریزترک دار حاصل نمی شود. همچنین، این مواد می توانند فلورسانس را نمایش دهند که می تواند با تفسیر زمین شناسی مورد مداخله قرار گیرد و از برخی نگرانی ها در مورد خصوصیات آسیب سازندی غلبه کند که همچنین مواد مورد استفاده سیال حفاری به جهت کاربرد عملیات حفاری در افق تولید مخزن برنامه ریزی شود.

۱۰- مواد جایگزین

با توجه به بهبود شناخت ما از ویژگی ها و مکانیسم شکست در سازندهای ریزترک دار، صنعت در یک موقعیت مناسب خواص افزودنی های سیال حفاری را پیشنهاد می کند که بهبود پایداری چاه را موجب می شوند. در ابتدا، باید این مواد افزودنی در سیستم سیال حفاری در تمامی زمانها اعمال شوند به طوریکه ریزترک ها در معرض فوری تماس با مته حفاری قرار می گیرند. مواد افزودنی باید به سرعت و در یک غلظت اثربخش عمل کنند که هم اقتصادی باشد و هم اثر منفی بر خواص دیگر خواص گل نداشته باشد. اگر موادی یافت شوند که حصاری با نفوذپذیری پایین در

مقابل سیال حفاری را تشکیل دهند، سیال موجود در ریزترک از فشار دهانه چاه جدا خواهد شد. این امر از سازند محافظت می کند و امکان اجازه فشار حد بالای گل خواهد بود بی آنکه باعث ناپایداری سازند و هرز روی گل در سازند شکننده شود. از این رو، اگر حصاری در مقابل سیال حفاری تشکیل شود، وزن گل مورد استفاده جهت کنترل مدیریت ناپایداری در سازند می باشد.

پس از بررسی عملکرد مواد افزودنی که اغلب در سازندهای ریزترک استفاده می شوند، امکان بررسی ویژگی های پیشنهادی فراهم می شود. محصولات باید:

- ✓ شامل ذرات تغییر دگردیس پذیر کافی برای مسدود کردن (چسباندن) طیف وسیعی از دهانه های باز ریز ترک ها.
- ✓ تشکیل حصاری با نفوذپذیری بسیار پایین که احتمال پیشگیری از آسیب توسط سیال حفاری (و از این رو فشار) ورودی به ریزترک را امکان پذیر می سازد.
- ✓ از نظر اقتصادی در غلظت هایی موثر باشد.
- ✓ با محدوده گسترده ای از سیستم های گل سازگار باشد، ترجیحا گل های پایه آبی – نفتی یا مواد ترکیبی باشد.
- ✓ به آسانی در سیستم گل حفاری قابلیت ترکیب شدن و تقویت کنندگی داشته باشد.
- ✓ عاملی در حضور ممانعت کننده شیمیایی شیل ها که ترکیب شده از سنگ های رسی و مواد شیمیایی مورد نیاز است، باشد.
- ✓ آسیب سازندی پایینی داشته باشد.
- ✓ از نظر محیط زیست و سایر مسائل ایمنی مناسب باشد.

۱۱- نتیجه گیری

- ✓ ناپایداری چاه منجر ریزترک هایی در سازندهای با نفوذپذیری اندک (برای مثال سنگ رسی و سنگ آهک) در حال حاضر به عنوان یک منبع بسیار شایع در حفاری در نظر گرفته می شود.
- ✓ شکست زمانی رخ میدهد که سیال حفاری در هجوم میزان بالاتر از شکستگی ها باشد. فشار در شکستگی ها به سرعت برابر با فشار چاه می شود از این رو اثر پایداری وزن سیال از دست می رود. علاوه براین، شکستگی ها به صورت اجباری از هم جدا و از طریق سیال مهاجم، مورد نفوذ قرار می گیرند که موجب افزایش بیشتر ناپایداری سازند است.
- ✓ مچالگی دهانه چاه همیشه بلافاصله رخ نمیدهد اما اغلب لوله بالا و پایین در چاه با عملیات حفاری مانند بالا پایین کردن لوله ها یا فشرده شدن لوله ها اتفاق می افتد.
- ✓ پایداری چاه تا حد زیادی بهبود می یابد اگر ریزترک ها بتوانند قبل از فشار و هجوم سیال ناشی از آسیب شدید به هم متصل شوند. این به این معنی است که عوامل اثربخش مسدود کننده باید در سیال حضور داشته باشند زماینکه در معرض شکستگی قرار دارند. اقدامات بعد از اینکه هجوم سیال رخ داد بی اثر خواهد بود.
- ✓ مواد افزودنی در حال حاضر در سیالات حفاری برای مسدود کردن تمامی معایب ریزترک ها استفاده می شوند.

- ✓ پس از بررسی الزامات مورد نیاز برای مسدودکردن مناسب شکستگی نتیجه گیری می شود که ذرات انعطاف پذیر قادر به تشکیل سد نفوذپذیری کم در شکستگی باز، تثبیت کننده‌های موثری هستند.
- ✓ اهمیت برنامه ریزی دقیق مناسب و عملیات حفاری صحیح تاکید شده است، این موارد، بدون سیستم سیال حفاری موثر در سازندهای دارای ریزترک پایدار میسر نخواهد شد.
- ✓ استحکام مکانیکی سنگ آسیب دیده (شکست خورده) بطور قابل توجهی پایین تر از سنگ دست نخورده است. بنابراین، برای حفظ استحکام هوپ در اطراف گمانه زیر مقاومت شکست سنگ، چاه هایی که از میان سنگ شکافدار حفاری شده اند، نیاز به پایداری بیشتری نسبت به چاه هایی که در معرض سنگ دست نخورده حفر شده اند، وجود دارد.
- ✓ اگر حداکثر وزن گل عمقی برای ارتقاء پایداری در چاه های نزدیک به لایه های نسبتا موازی ناکافی باشد، زاویه حمله می تواند برای بهبود پایداری حفره افزایش یابد. مکانیسم ناپایداری بستر موازی با ناهمسانگردی استحکام سنگ کنترل می شود و بنابراین افزایش ظرفیت آب بندی شکستگی بوسیله گل، یک راه حل مناسب برای کاهش شکست در این شرایط نیست.
- ✓ همچنین ظرفیت آب بندی گل حفاری باید افزایش یابد تا تداخل و نفوذ فشار در شبکه شکستگی را تاخیر بندازد. در حالت ایده آل، تهاجم سیال باید کمتر یا برابر با مقدار فیلتراسیون باشد که بتواند در شبکه شکستگی دور از میدان بدون فشار افزایی در ناحیه نزدیک دهانه چاه نفوذ کند.

- ✓ عملیات لوله بالا و پایین در چاه تاثیر عمده ای در ناپایداری در سازندهای ریزترک دارد. مطالعه Last et al. (1995) در کلمبیا بیان می کند که حضور حجم اصلی کنده های حفاری در سطح منطبق با بالا و پایین کردن لوله در چاه می باشد که این امر موجب ساییدن دیواره چاه می شود که در نتیجه آن موجب مچالگی و شکست دیواره چاه می شود.که به اهمیت کنترل دقیق بالا و پایین کردن لوله در چاه اشاره می کند. از سرعت بیش از حد لوله بالا و پایین در چاه باید اجتناب شود که این امر کاملا ضروری می باشد.
- ✓ روش های مناسب حفاری، همراه با برنامه ریزی در طراحی چاه و سیال حفاری موثر به حل ناپایداری چاه در سازندهای ریزترکدار کمک می کند. نتایج همیشه بدون مشکل نیستند، Last et al. (1995) بیان می کنند که اغلب مشکل ها باید مدیریت شود زیرا نمی تواند به طور کامل حل شود. با این حال، اکثر چاه ها می توانند در شیوه مقرون به صرفه و بدون حوادث بزرگی حفاری شوند.
- ✓ تمیزکردن خوب حفره عامل مهم دیگری است. نگهداشتن چاه عاری از تجمع کنده های حفاری، ECD_s را به حدقل می رساند و بنابراین شوک فشار انتقال یافته به سازند شکسته شده زمانی که گردش سیال حفاری متوقف یا شروع می شود را به حداقل می رساند. متورم شدن کنده های حفاری نیز ریسک گیر لوله را افزایش می دهد، عملیات آزاد کردن لوله ها تا حد زیادی ریسک ناپایداری چاه را افزایش می دهد و منجر به بوجود آمدن حفره، تمیزشدن ضعیف حفره و مشکلات اضافی گیر لوله می شود. که به طور بالقوه ای یک چرخه باطل است که میتواند بخشی از حفره را از دست بدهد و به حفره فرعی نیاز داشته باشد.

۱۲- منابع

[۱]Last, N.G, Plumb, R., Harkness, R., Charlez, P., Alsen, J., and McLean, M. 1995. An Integrated Approach to Evaluating and Managing Wellbore Instability in the Cusiana Field, Colombia, South America. Paper SPE 30464 presented at the SPE ATCE, Dallas, TX, USA, 22-25 October.

[۲]McLellan, P.J. and Cormier, K. 1996. Borehole Instability in Fissile, Dipping Shales, Northeastern British Colombia. Paper SPE 35634 presented at the SPE Gas Technology Conference, Calgary, Alberta, Canada, 28 April-1 May.

[۳]Økland, D. and Cook, J. 1998. Bedding-related Instability in High Angle Wells. Paper SPE/ISRM 47285 presented at the SPE/ISRM Eurock'98 Conference, Trondheim, Norway, 8-10 July.

[۴]Edwards, S.T., Matsutsuya, B. and Willson, S.M. 2002. Imaging unstable wellbores while drilling, *Paper SPE 79846 presented at the SPE ATCE,* San Antonio, Texas, USA, 29 September-2 October.

[۵] Willson, S.M., Edwards, S.T., Crook, A. and Bere, A. 2007. Assuring Stability in Extended-Reach Wells - Analysis, Practices, and Mitigations. Paper SPE/IADC 105405 presented at the SPE/IADC Drilling Conference, Amsterdam, The Netherlands, 20-22 October.

[۶]Gallant, C., Zhang, J., Wolfe, C.,A., Freedman, J., Al-Bazali, T., and Reese, M. 2007. Wellbore Stability Considerations for Drilling High-Angle Wells through Finely Laminated Shale: A case study from Terra Nova. Paper SPE 110742 presented at the SPE Applied Technology Conference and Exhibition, Anaheim, California, USA, 11-14 November.

3rd National Conference on Petroleum Geomechanics
National Iranian Oil Company Exploration Directorate
Tehran, Jan,22-23,2019

Investigating Drilling Fluid Design Factors to Control the Instability of Wells in micro-fracture formation

Amirafzal kiani shahvand[1], saheb tavaf[2]

Extended Abstract: The existence of micro-fracture today is known as a common cause of instability of the well, especially in the extremely low permeability of rocks such as shale stone and some limestones. In unstable formations, micro-fracture are prevented from increasing pressure by drilling fluid in cracked formations, which is a very important issue. This paper examines the mechanical aspects of rock in terms of instability of wells in micro-fracture formation (partial fractures) and identifies drilling fluids and drilling methods and reduces drilling problems. Improved stability of the wells can be achieved by using some special drilling fluid additives which blocks the fractures. Limited success is seen in terms of solid, asphalt, gillsonite, or conventional lost circulation materials, but recently a developed additive for the use of water-based or oil based mud has been presented to avoid many instabilities.

Keywords: micro-fracture, drilling fluid design, drilling method, drilling fluid alternative materials

Summary: This paper examines the mechanical aspects of rock in terms of instability of wells in micro-fracture formation (partial fractures) and identifies drilling fluids and drilling methods and reduces drilling problems.

Introduction: The existence of micro-fracture today is known as a common cause of instability of the well, especially in the extremely low permeability of rocks such as shale stone and some limestones. Due to our recognition of the characteristics and failure mechanism in microstructures, the industry in a proper position suggests properties of drilling fluid additives that increase the stability of the well. Initially, these additives should be applied to the drilling fluid system at all times, so that the microstructures are exposed immediately to the drill bit. The additives should act quickly and in an effective concentration that is both economical and have no negative effect on other properties of the fluids.

Methodology and Approaches: This paper is based on previous studies and is based on the design of drilling fluid for micro-fracture formations.

Results and Conclusions: Appropriate drilling techniques, along with planning in well drilling and drilling fluids, help to solve the instability of wells in microstructures. , Last et al. (1995) state that most problems need to be managed because they cannot be completely solved. However, most wells can be excavated in a cost-effective way without major accidents.

[1] M.Sc. of production engineering
[2] M.Sc. of drilling & production engineering