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 فناوری حفاری زیر فشار تعادل مخزن (UBD) در یکی از مخازن نفتی ایران

رضا چراغی کوتیانی[۱] ، محمد حسین باغبانیان[۲], حسن چراغی کوتیانی[۳]
[1]دانشگاه تکنولوژی مالزی، دانشکده مهندسی نفت (Email: rchi1986@gmail.com)
[2]دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، دانشکده مهندسی مکانیک(Email: m.h.baghbanian56@gmail.com)
[3]منطقه آزاد اروند (Email: hchk_iran@yahoo.com)

چکیده

ذخایر طبیعی نفت و گاز در دنیای کنونی با توجه به تجدید ناپذیر بودن آنها لزوم بکار گیری روشهای نوین و بهینه در اکتشاف ، استخراج و بهره برداری از این مخازن را امری ضروری و اجتناب نا پذیر ساخته است. بدون تردید افت فشار ناشی از برداشت زیاد از این مخازن موجب می شود تا روشهای حفاری سنتی فرا تعادلی بتدریج کارآیی خود را از دست بدهند. زیرا حفاری فرا تعادلی برای دستیابی به مخزن باعث بروز ضایعات جبران ناپذیر به سنگ مخزن و همچنین منجر به افزایش بیش از حد هزینه ها می شود. یکی از راههای اصلی برای بدست آوردن راندمان بالا در حفاری چاهها و نیز تکمیل و تعمیر چاههای جدید و قدیم بدون صدمه زدن به مخزن, حفاری فروتعادلی می باشد. در این تحقیق ضمن برشمردن مزایای این روش حفاری نسبت به روش متداول و معرفی سازندهای کاندید, نحوه انتخاب سیالات حفاری فروتعادلی و شاخص های تعیین کننده دبی های بهینه عملیاتی مورد بررسی دقیق قرار می گیرد و نتیجه محاسبات انجام شده با استفاده از نرم افزار Wellflo برای میدان نفتی پارسی ارائه خواهد شد.

کلمات کلیدی: حفاری فروتعادلی , سازند , فشار هیدروستاتیک , دالیز , تراوایی

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

از سال ۱۲۸۷ خورشیدی که اولین چاه نفت ایران درمسجد سلیمان حفاری شد تا کنون، کلیه عملیات های حفاری و تکمیل چاهها به روش حفاری سنتی فرا تعادلی(Over Balanced Drilling) بوده است. در این روش به دلیل بیشتر بودن فشار ته چاهی سیال حفاری از فشار سازند، همیشه هجوم سیال حفاری به درون سازند وجود دارد. معمولا" در سازندهایی که بالای پوش سنگ (CapRock) قرار دارند، اگر چه ضایعات حاصل از این هجوم، در فرآیند تولید هیدروکربن تاثیر بسزایی ندارند، لیکن موجب افزایش بیش از حد هزینه های حفاری می گردند. اما این ضایعات در سازندهای زیر پوش سنگ که حاوی هیدروکربن هستند(مخزن) به شدت باعث آسیب دیدگی غیر قابل جبران سنگ مخزن و در نتیجه کاهش شاخص بهره دهی چاه (PI) می شوند. برای جلوگیری از این آسیب دیدگیها باید از هجوم سیال حفاری به درون سازند، یعنی هرزروی آن جلوگیری نمود. برای این کار باید فشار سیال حفاری در ته چاه کمتر از فشار سازند نگهداشته شود. این روش حفاری فروتعادلی(Under Balanced Drilling) نامیده می شود. اگرچه بعضی از اشکال عملیات حفاری فروتعادلی نظیرحفاری با هوا،حفاری با گل هوا زده و...بیش از نیم قرن است که مورد استفاده قرار می گیرند،ولی روش حفاری زیر فشار تعادل در مخزن به شکل مدرن آن و با ابداع دستگاه فورانگیر دورانی از سال ۱۹۸۸میلادی در دریای شمال آغاز گردید. [5] میادین نفتی ایران که در اثر سالها تولید متوالی از مخزن، دچار افت فشار متوسط مخزن گردیده اند نامزد مناسبی برای حفاری فروتعادلی به شمار می آیند که از جمله می توان به میادین گچساران،بی بی حکیمه،کرنج، پارسی، لب سفید، دهلران، دانان، سرکان و مالکوه اشاره نمود.

مخازن نفتی این میادین اکثرا" دارای شکافهای طبیعی هستند و میزان تراوایی و تخلخل سنگ مخزن در دامنه نسبتا" خوبی قرار دارند. ولی فشارآنها در اثر سالها تولید به حدی کاهش یافته که هنگام حفاری به روش مرسوم فرا تعادلی، تمام سیال حفاری به درون مخزن هجوم می برد، و علاوه بر آسیبهای فراوان به مخزن، مانع از ادامه عملیات حفاری می گردد. هم اکنون انجام عملیات حفاری در میادین کرنج و پارسی به روش سنتی و معمول فرا تعادلی کاملا" از بین رفته است و با اینکه میزان شاخص بهره دهی در این میادین بسیار زیاد و دارای پتانسیل بالایی برای تولید نفت هستند، لیکن امکان دسترسی به لایه های تولیدی وجود ندارد و نیاز به استفاده از فناوری نوین حفاری فروتعادلی کاملا" احساس می شود. در میادین گچساران و بی بی حکیمه نیز که مخازن نفتی آنها در زمره مخازن شکافدار طبیعی هستند، عملیات حفاری در فواصل انتهایی چاه معمولاً بدون برگشت(روش کور) صورت می گیرد که در بعضی حالات رشته حفاری درون چاه گیر می کند و آزاد نمی شود و منجر به بریدن و عملیات مانده یابی و صرف هزینه های گزاف می شود.

مطالعات در خصوص بکارگیری روش حفاری فروتعادلی برای میادین نفتی ایران از سال ۱۹۹۸آغاز شد. در سال ۲۰۰۲ میلادی این مطالعات به صورت ویژه و کاربردی ادامه یافت که در نتیجه تجهیزات و ماشین آلات مورد نیاز طراحی و انتخاب گردیدند و در دی ماه سال ۱۳۸۳ برای اولین باردرکشور،تکنولوژی حفاری فروتعادلی در چاه شماره ۳۳۳ میدان گچساران بدست متخصصین داخلی و پرسنل شرکت ملی حفاری ایران با موفقیت کامل بکار گرفته شد.

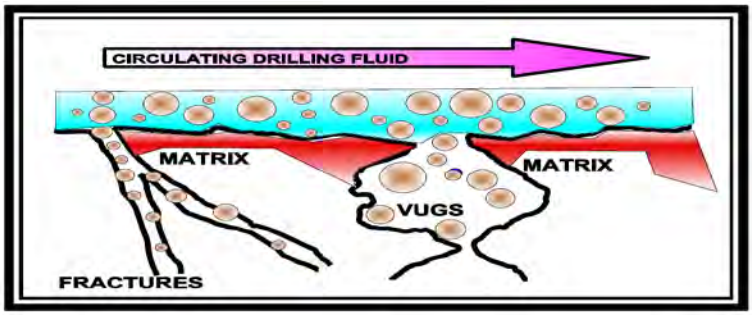
۲- مبانی فناوری حفاری فرو تعادلی

اکثر چاههای نفت و گاز با روش حفاری دورانی که در آن مته سنگ را می شکافد حفاری می شوند. در این روش، سیال حفاری از طریق رشته حفاری به درون چاه پمپ شده و از طریق دالیز به همراه کنده های حفاری شده سنگ به سطح زمین می آیند [18]. در عملیات حفاری فرا تعادلی، سیال حفاری دارای عملکردهای دیگری شامل: پایداری دیواره چاه، خنک کردن مته و مهمتر از همه، کنترل سیالات سازند می باشد. اگر فشار سیال سازند و فشار هیدروستاتیک سیال حفاری در یک چاه با هم برابر باشند، چاه را در حالت متعادل می نامند. بدیهی است که در چنین حالتی هیچگونه جریانی از سازند به درون چاه یا بالعکس وجود ندارد. ترکیب و خواص سیال حفاری اغلب طوری انتخاب می شود که فشار هیدروستاتیک آن بیشتر از فشار سیال درون سازند باشد. در این حالت

www.SID.ir

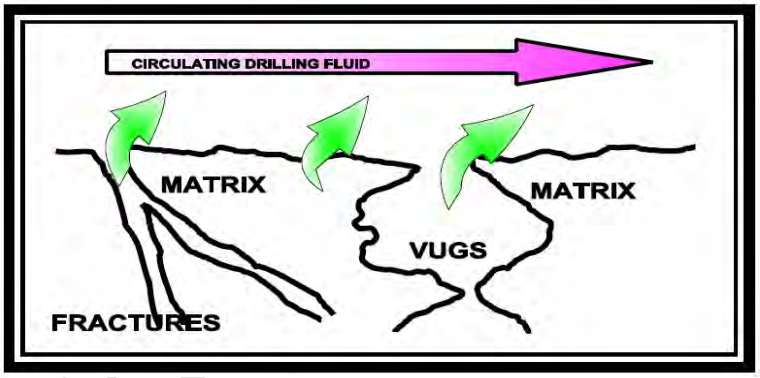
Archive of SID

فشار فراتعادلی سیال حفاری از ورود سیالات سازند به درون چاه در حین عملیات حفاری جلوگیری می کند ولی جریانی از سمت چاه به طرف سازند وجود دارد. به منظور محدود کردن این جریان موادی به سیال حفاری افزوده می شود که با تشکیل «کیک کم تراوا» از شدت این جریان می کاهد.[11]



شکل۱. شمای حفاری متداول از نظر جهت حرکت سیال سازند

حفاری فرو تعادلی(Under Balanced Drilling)، نوعی عملیات حفاری می باشد که در آن، فشار سیال حفاری درون چاه کمتر از فشار سیال سازند نگه داشته می شود که در چنین حالتی در هنگامی که یک لایه تراوا حفاری می شود،سیالات سازند به درون چاه جریان می یابند. بر همین اساس ، حفاری زیر فشار تعادل مخزن گاهی اوقات «حفاری در حال جریان» نیز نامیده می شود.



شکل ۲. شمای حفاری فرو تعادلی از نظر جهت حرکت سیال سازند

www.SID.ir

Archive of SID

۳- مزایای حفاری فرو تعادلی

مزایای روش حفاری فروتعادلی در مقایسه با روش حفاری فرا تعادلی عبارتند از:

۳-۱ کاهش آسیب دیدگی سازند

بهره دهی قابل انتظار یک چاه اغلب در اثر آسیب دیدگی سازند اطراف چاه و کم شدن تراوایی کاهش می یابد. این آسیب دیدگی ممکن است به علت ورود مایعات ، جامدات یا هر دو به درون سازند باشد. در روش حفاری فروتعادلی(UBD) چنین صدماتی وجود ندارد ، ولی این بدین معنا نیست که احتمال آسیب دیدگی سازند از جانب سیال حفاری بطور کامل برطرف شده است ، چرا که در بعضی حالات ، اختلاف پتانسیل شیمیایی بین سیال حفاری و سیال سازند باعث ورود آب سیال حفاری به درون سازند می‌شود و آسیب دیدگی را بوجود می‌آورد. همچنین در روش UBD ممکن است در هنگام قطع گردش سیال حفاری حالت فوق تعادل بوجود آید و باعث آسیب دیدگی سازند شود[9].

همچنین با انجام حفاری فروتعادلی می‌توان از اثرات مخرب تهاجم مواد جامد و سیال حفاری که باعث تغییر خاصیت ترشوندگی سنگ،تغییر تراوایی‌های نسبی و مسدود شدن خلل و فرج سنگ می‌شوند،جلوگیری نمود. این تغییرات باعث کاهش تراوایی مؤثر سیال مطلوب (نفت یا گاز) در مخزن می‌گردد. یک چاه نمونه که تحت حفاری فراتعادلی قرار گرفته است روزانه ۱۰۰ تا ۱۵۰ بشکه تولید میکند در حالی که اگر همین چاه به روش فروتعادلی حفاری شود بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ بشکه در روز تولید خواهد کرد.[4]

۳-۲ افزایش سرعت حفاری

حفاری به روش فروتعادلی، سرعت حفاری (ROP) را افزایش می دهد. این به دلیل استفاده از سیالات سبک تر در عملیات حفاری فروتعادلی در مقایسه با سیالات سنگین در عملیات حفاری فرا تعادلی می باشد. زیرا حفاری فروتعادلی از ایجاد فشار بالای تعادلی، روی سنگی که زیر مته قرار دارد، جلوگیری می کند. از میان رفتن همین فشار محدود کننده باعث می شود که برش سنگ برای دندانه های مته آسانتر گردد و در نتیجه براده های تولید شده، از ماندن در ته چاه رهایی یابند.[17] این پدیده به تمیز شدن ته چاه کمک می کند و موجب افزایش میزان نفوذ پذیری مته حفاری و در نتیجه باعث پیشرفت و ازدیاد سرعت حفاری می گردد.

۳-۳ کاهش هرزروی سیال حفاری

حفاری فروتعادلی، یکی از راههای مؤثر برای به حداقل رساندن میزان هرزروی گل در حفاری مخازن نفت و گاز که بطور طبیعی شکافدار هستند و یا مخازن تخلیه شده می باشد. معمولا" هرزروی سیال حفاری در زمانی که سیال حفاری به انتهای حفره باز سازند وارد شود، بیش از زمانی است که به سطح بر می گردد. این امکان برای هرزروی سیال حفاری هنگامی که به درون یک ناحیه با تراوایی زیاد وارد می شود، افزایش می یابد. [1] همچنین سیال حفاری ممکن است در شکافهای طبیعی که دیواره چاه را قطع می کنند یا شکافهایی که در اثر فشار اضافی گل حفاری بوجود می آیند، وارد شوند. هرزروی گل در عملیات معمولی حفاری بسیار گران تمام می‌شود، چرا که سیال از دست رفته باید جایگزین شود و با اضافه کردن مواد LCM , مسیر هرزروی مسدود گردد. بنابراین چون در روش حفاری فروتعادلی هیچگونه نیروی فیزیکی برای رانش سیال حفاری به درون سازند وجود ندارد، میزان هرزروی سیال حفاری به کمترین حد ممکن می رسد.

۳-۴ افزایش عمر مته

هنگامی که به جای گل حفاری معمولی از سیالات سبک شده حفاری استفاده شود، عمر مته افزایش می‌یابد. مقاومت تراکمی سنگ در اثر فشار فراتعادلی سیال حفاری، زیاد می‌شود. این محدودیت فشار در حین حفاری فروتعادلی وجود ندارد. بنابراین در مقایسه با حفاری متداول ، سنگ به آسانی می تواند بوسیله دندانه‌های مته خرد شود. [14]

www.SID.ir

Archive of SID

به عبارت دیگر رفع محدودیت فشار این امکان را برای کنده‌های حفاری فراهم می‌آورد که بطور آسانتری با سیال حفاری همراه شوند و این باعث می‌شود که کار آسیاب مجدد خرده سنگها بوسیله دندانه‌های مته به حداقل برسد . بنابراین مقدار کار لازم برای حفاری یک حجم معین از سنگ کاهش می یابد و افزایش بازده حفاری، سبب افزایش متراژ حفاری پیش از پایان عمر مته می‌گردد.

۳-۵ به حداقل رساندن گیر اختلاف فشاری

در روش‌های حفاری معمولی، بدلیل رسوب جامدات درون گل حفاری، یک اندود گل(Mud Cake) بر روی دیواره چاه تشکیل می‌شود . در چنین حالتی رشته حفاری به دلیل بیشتر بودن فشار سیال حفاری نسبت به فشار سازند، به اندود گل روی دیواره می‌چسبد و قسمت زیادی از سطح جانبی آن در این حالت گیر می‌افتد. در بعضی حالات برای آزاد کردن رشته حفاری ممکن است نیروی محوری بیشتری نسبت به مقاومت کششی لوله‌ها لازم باشد. این حالت را «گیر اختلاف فشاری» می‌نامند. در حین انجام حفاری فروتعادلی،هیچ گونه اندود گلی تشکیل نمی‌شود. بنابراین پدیده گیر اختلاف فشاری در حفاری به روش UBD روی نمی دهد [8].

۳-۶ بهبود ارزیابی سازند

در حفاری فروتعادلی، حفاری سازندی که دارای هیدروکربن باشد، باعث می شود نسبت حجم هیدروکربن به حجم کل سیال درون چاه افزایش یافته و به سطح زمین بیاید. در نتیجه با مشاهده مستقیم سیال بازگشتی حفاری، وسیله ای برای کشف فوری نواحی دارای هیدروکربن فراهم می شود. هنگامی که چاه بصورت فراتعادلی حفاری شود، ممکن است به گونه‌ای از کنار این نواحی تولیدی عبور شود. بدلیل برگشت سریع سیال حفاری که کنده های حفاری و سیالات سازند را با خود به همراه دارد، عمق نواحی نفت ده و گاز ده را می توان با استفاده از روش حفاری فروتعادلی با دقت بیشتری تعیین کرد [8] .در صورتی که در روشهای حفاری فرا تعادلی، نواحی دارای هیدروکدبن، با استفاده از آنالیز کنده های حفاری، آنالیز مغزه های حفاری و نمودارگیری یا لایه آزمایی با ساق مته(Drill Stem Test) مشخص می شوند. به علاوه،کاهش و یا حذف اثرات تهاجم سیال حفاری به سازند و آسیب‌دیدگی سازند که از مزایای حفاری فروتعادلی می‌باشد، به تفسیر بهتر نمودارهای حفره‌باز کمک می‌نماید.

۳-۷ نیاز کمتر به انگیزش چاه

در روش حفاری فرا تعادلی، پس از اتمام عملیات حفاری، به منظور افزایش بهره دهی چاه، عملیات انگیزش مانند اسیدکاری انجام می شود. به این ترتیب با کاهش آسیب دیدگی سازند در روش UBD از صرف هزینه های اضافی برای انگیزش چاه جلوگیری خواهد شد.

۳-۸ تولید زود هنگام نفت

در حفاری به روش فرو تعادلی با فراهم بودن تجهیزات سطحی مناسب، می توان به محض ورود به یک ناحیه بهره ده هیدروکربن را دریافت نمود. هنگامی که عملیات حفاری برای نفوذ به نواحی بیشتر ادامه می یابد، نفت تولیدی جمع می شود. در چاههایی که بصورت فروتعادلی حفاری می‌شوند، این امکان وجود دارد که بتوان در حین حفاری از آنها بهره‌برداری نمود.

۳-۹ مزایای زیست محیطی

حفاری به روش UBD از آلودگی احتمالی محیط بوسیله گل حفاری، در خلال حفاری و بعد از آن جلوگیری می‌کند؛ چرا که سیالات هیدروکربنی که در حین حفاری فروتعادلی از سازند تولید می‌شوند با استفاده از سیستم‌های سطحی بسته، جمع آوری و تفکیک می شوند و به این ترتیب میزان آلودگی محیط زیست به حداقل می رسد.

دستیابی به مزایای فوق، به خصوصیات مخزن و سازندهایی که حفاری می شوند بستگی دارد.

۴- چاههای کاندید حفاری فروتعادلی در ایران

بر اساس مطالعات انجام شده در این تحقیق، و با توجه به وضعیت مخازن نفت و گاز کشور و با در نظر گرفتن مزایای روش حفاری فروتعادلی، چاههایی که در ایران می توانند کاندید UBD باشند عبارتند از:

www.SID.ir

Archive of SID

- در چاههای اکتشافی وقتی که هدف از عملیات حفاری، رسیدن به مخازن واقع در اعماق بیشتر که در زیر نواحی تولیدی با فشار کمتر قرار دارند، باشد. حفاری به روش معمول باعث ایجاد مشکلات بزرگی چون هرزروی سیال حفاری و همچنین گیر لوله‌های حفاری در نواحی بالایی می گردد. به عنوان مثال، در چاه بی بی حکیمه ۱۲۰، که به منظور دستیابی به مخزن فهلیان حفاری شد ، پس از رسیدن به انتهای مخزن آسماری، ۷۹۰۰۰ بشکه گل پلیمری، ۱۹۰۰۰ بشکه انواع پیل و ۴۰۰۰ بشکه دوغاب سیمان به درون مخزن هرز رفت.
- در چاههایی که گرادیان فشار سازند و گرادیان فشار شکست در قسمت مخزن به یکدیگر نزدیک باشند.
- هر سازندی که امکان صدمه دیدگی داشته باشد، مخصوصا" مخازن ترکدار طبیعی که به صورت عمودی یا افقی به روش معمولی حفاری می شوند. بنابراین چاههای میادین گچساران، بی بی حکیمه و دهلران کاندید های خوبی برای استفاده از روش حفاری فروتعادلی می باشند. نکته قابل ذکر اینستکه آسیب دیدگی شکافهای تولیدی مخازن می تواند خیلی شدید باشد. همچنین، مخازن آهکی و ماسه ای نیز در روش حفاری فرا تعادلی متحمل آسیب های فراوانی می شوند.
- مخازنی که دارای سنگ مخزن با تراوایی کم (کمتر از 800 md برای نفت و 5 md برای گاز) و استحکام زیاد می باشند. زیرا چنین مخازنی بعد از حفاری نیاز به انگیزش از نوع Hydraulic Fracturing دارند.
- مخازنی که دارای سنگ مخزن از نوع Highly Fractured می باشند. بکارگیری حفاری فروتعادلی درچنین مخازنی امکان ادامه یافتن حفاری پس از رسیدن به اولین شکاف را بدون مشکل هرزروی فراهم می آورد.
- سازندهایی که در اثر سالها تولید متوالی از مخزن، دچار افت فشار متوسط شده اند. حفاری متداول در چنین مخازنی (Depleted Reservoirs) باعث می شود که تمام سیال حفاری به درون مخزن هجوم ببرد و علاوه بر ایجاد آسیب های فراوان به مخزن،امکان ادامه عملیات حفاری از بین برود.
- سازندهایی که دارای فشار بسیار زیادی باشند.چنین سازندهایی نیاز به سیالات حفاری،تجهیزات سطحی و Wellhead بسیار گران برای تأمین ایمنی و مهار جریان دارند.
- سازندهای سخت که نیاز به فشار مناسب چاه برای حفظ پایداری دیواره ندارند.
- وقتی که بخواهند از چاههای گازی یک میدان، به میزان حداکثر سقف فروش بر اساس قرارداد منعقده، تولید داشته باشند. حفاری این گونه چاهها به روش UBD می تواند رسیدن به سقف مورد نظر را تضمین نماید.

۴-۱ چاههای نامناسب برای حفاری فروتعادلی

در بعضی از سازندها نیز حفاری به روش UBD مناسب نیست . این سازندها عبارتند از:

- سازند هایی که دارای استحکام زیادی نیستند. چنین سازندهایی نیاز به فشار مناسب چاه برای حفظ پایداری دیواره دارند.
- سازند هایی که متورم می شوند و باعث کاهش قطر چاه می گردند، مثل سازند های پابده و گورپی که حاوی مقدار زیاد شیل می باشند.

۵- انتخاب سیال حفاری دو فازی

www.SID.ir

Archive of SID

فاز گازی سیال حفاری مورد استفاده برای حفاری مخزن نمی تواند هوا باشد؛ زیرا درصد بالای اکسیژن موجود در هوا در شرایط فشار و دمای درون چاهی و در مجاورت گازهای هیدروکربنی که از سازند تولید می شوند یک مخلوط قابل اشتعال را بوجود می آورند. جرقه مورد نیاز برای انفجار این مخلوط در اثر سایش رشته حفاری با دیواره چاه تولید می شود . به دلیل خاصیت خنثی گاز نیتروژن ، از آن بعنوان فاز گازی سیال حفاری استفاده می شود. فاز مایع سیال حفاری متناسب با خواص سنگ مخزن و سیالات موجود در آن انتخاب می شود ؛ یعنی اگر سنگ مخزن آب خیس (Water Wet) باشد ، فاز مایع می تواند گازوییل و یا نفت خام باشد و اگر نفت خیس (Oil Wet)باشد ،فاز مایع آب یا آب نمک انتخاب می شود.

برای چاههای نفتی میادین جنوبی ایران همانند میادین گچساران ، بی بی حکیمه ،کرنج و پارسی که کاندیدهای خوبی برای حفاری فروتعادلی هستند ، سنگ مخزن غالباً آب خیس می باشد. بنابراین فاز مایع سیال تزریقی می بایست گازوییل و یانفت خام انتخاب شود . برای جلوگیری از احتراق درون چاهی و همچنین مشکل خوردگی لوله های جداری و رشته حفاری می بایست فاز گازی سیال حفاری را نیتروژن انتخاب کرد.

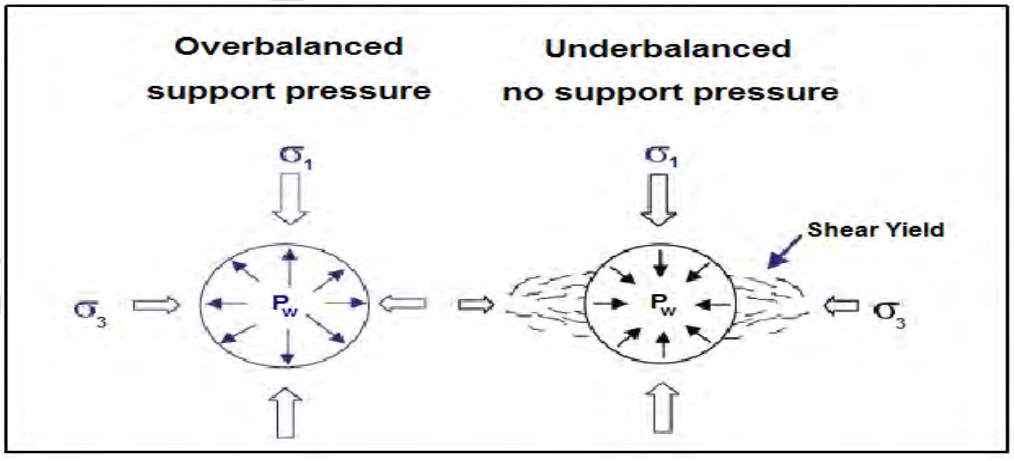
۵-۱ محاسبه دبی بهینه برای سیال حفاری دو فازی

۵-۱-۱ ناپایداری دیواره چاه

در روش معمول حفاری به دلیل بیشتر بودن فشار هیدرواستاتیک سیال حفاری نسبت به فشار سیال سازند، دیواره چاه دارای پایداری بیشتری است. ولی در روش UBD این پایداری کمتر می‌شود و هر چقدر که اختلاف فشار سیال حفاری و سیال سازند بیشتر شود، تمایل به ناپایداری دیواره چاه افزایش می یابد. این اختلاف فشار یک حد پایین برای فشار سیال حفاری ایجاد می کند که فشار کمتر از آن، ادامه حفاری فروتعادلی را غیر ممکن می سازد. این حد فشار زیر تعادل بستگی به تنش‌های درونی سازند، مقاومت سازند، فشار مخزن و شمای دیواره چاه دارد.

$$J_2^{1/2} = \sqrt{\frac{1}{6}\left[(\delta_1 - \delta_2)^2 + (\delta_2 - \delta_3)^2 + (\delta_3 - \delta_1)^2\right]} \quad (۱)$$

$$S - p_f = \frac{1}{3}(\delta_1 + \delta_2 + \delta_3) - p_f \quad (۲)$$



شکل ۳. ناپایداری دیواره چاه در اثر اختلاف فشار فروتعادلی بالا

۶- فرایند خودآشام لحظه ای

www.SID.ir

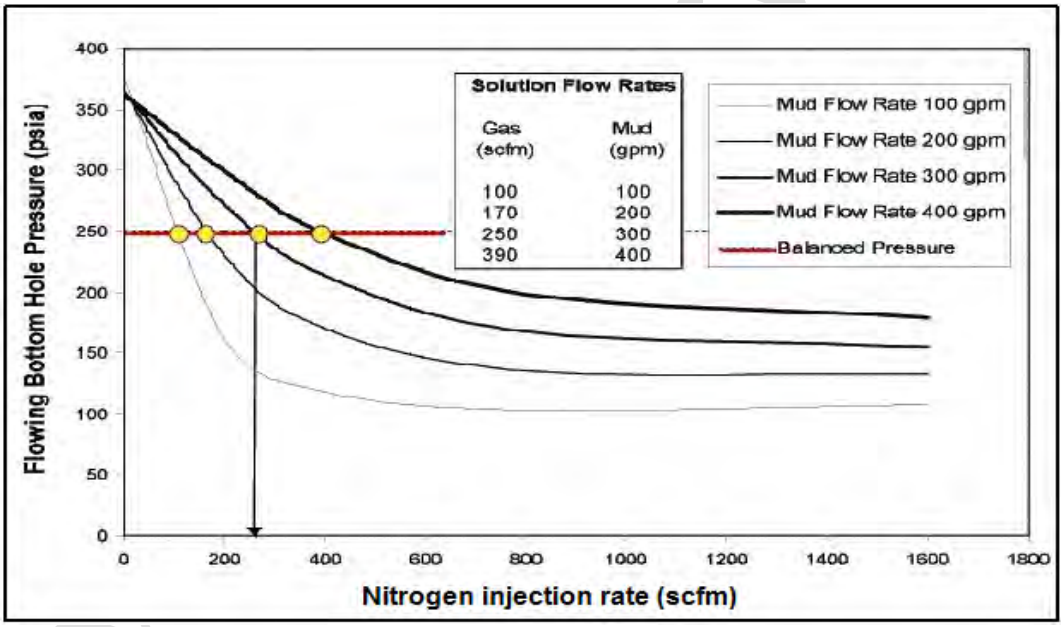
Archive of SID

ممکن است که فاز مایع سیال حفاری به علت آثار فشار موییننگی،وارد سازند در حال حفاری حتی در شرایط UBD شود. در سال ۱۹۹۳ بنیون و همکارانش نشان دادند که این عمل ممکن است باعث آسیب دیدگی سازند شود.

فشار موییننگی در واقع به علت نیروهای بین سطحی جامد،مایع و گاز بوجود می آید و فشاری است که در درون محیط متخلخل ، مانع خروج سیال خیس کننده دانه های تشکیل دهنده سنگ سازند می شود . نیروهای موییننگی به ترکیب سیالات و ماتریس سنگ دارد و مشخص می کند که کدام سیال در درون محیط متخلخل،سیال خیس کننده (Wetting Phase) می باشد.

بعضی از سنگهای مخزن بطور طبیعی آب خیس می باشند. یعنی وقتی که از نفت اشباع شده باشند و درآب غوطه ور شوند،تمایل ورود آب به محیط متخلخل سنگ بیشتر خواهد بود.

در حفاری فروتعادلی،اختلاف فشار بین ستون سیال حفاری و سیال درون سازند باید برابر یا بیشتر از فشار موییننگی سنگ مخزن باشد تا سنگ مخزنی که مثلاً آب خیس است، آب موجود در سیال حفاری را خودآشام (Imbibe) نکند. فشار فروتعادلی لازم برای جلوگیری از ورود آب سیال حفاری به درون سازند آب خیس، به اشباع اولیه آب سازند و اندازه خلل و فرج بستگی دارد. سازندهای نفت خیس قوی،آب را و سازندهای آب خیس قوی،هیدروکربن را خودآشام نمی کنند. سازندهای حاوی گاز در صورتی که شامل مواد معدنی نظیر سولفور، آسفالت ، Pyrobitumen , Heavy Bitumen باشد و یا هنگامی که در اثر جابجا شدن یک ستون اولیه نفت توسط گاز، درجه اشباع نفت آن به مقدار غیرقابل کاهش رسیده باشد، بطور قوی نفت خیس می باشند.



شکل 4. ترکیب سیالات دو فازی که منجر به ایجاد فشار فروتعادلی می شود

۱-۶ توان بالا آوردن کنده ها و تمیز نمودن چاه

در جریان دو فازی سیال حفاری،بعلت انبساط گاز،سرعت انتقال کنده ها به سطح افزایش می یابد.نواحی بحرانی برای تمیز کردن چاه،یکی ناحیه ایست که زاویه چاه از ۴۵ تا ۶۰ درجه تغییر می کند و دیگری ناحیه زیر مته می باشد. درون ریزی مخزن باعث افزایش سرعت فاز مایع و تمیزی چاه می گردد ولی در ناحیه زیر مته بدلیل محدود بودن میزان درون ریزی،سرعت فاز مایع فقط تابع میزان پمپاژ سیال حفاری درون رشته حفاری می باشد. همچنین در جریان دوفازی، فاز گازی باعث ایجاد جریان متلاطم (Turbulent) می گردد که از رسوب کنده ها روی دیواره جلوگیری می کند.[3]

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس آخرین آزمایشات و نتایج بدست آمده، کمترین سرعت دالیزی لازم برای فاز مایع بمنظور بالا آوردن مؤثر کنده های حفاری، ۱۶۵ فوت بر دقیقه برای چاههای عمودی و ۱۷۷ فوت بر دقیقه برای چاههای با زاویه انحراف بیشتر از ۱۰ درجه می باشد.

۶-۲ شسته شدن دیواره چاه

بیشترین سرعت مجاز سیال دوفازی برای جلوگیری از شسته شدن دیواره چاه (Wash out) برابراست با:

$$V_m = \frac{Q_m}{A} \quad (۳)$$

Q_m = بیشترین دبی مجاز مخلوط سیال $ft^3/\min$

A = سطح مقطع مسیر جریان in^2

V_m = بیشترین سرعت مجاز، ft/s

بیشترین سرعت مجاز سیال دوفازی، از طریق آزمایش در محل، بدست می آید.

۷- نتیجه گیری

با توجه به مطالعات به عمل آمده اگر درصد حجمی فاز مایع سیالات برگشتی از چاه زیاد باشد، باید یک سیستم بسته برای تفکیک، جمع آوری و بر گرداندن آنها به مخازن، برای استفاده مجدد به کار گرفته شود. معمولا" سیالات برگشتی از چاه حاوی سه یا چهار فاز می باشند که، برای تفکیک فازها، باید از یک تفکیک کننده با ظرفیت و فشار کاری مناسب استفاده شود. برای چاه های نفتی میادین جنوبی ایران همانند میادین گچساران، بی بی حکیمه، کرنج و پارسی که کاندید های خوبی برای حفاری زیر تعادلی هستند، سنگ مخزن اغلب (Water Wet) می باشد. بنابراین فاز مایع سیال تزریقی می بایستی نفت گاز یا نفت خام انتخاب شود. برای جلوگیری از احتراق درون چاهی و همچنین، رفع مشکل خوردگی لوله های رشته حفاری، می بایستی فاز گازی سیال حفاری را نیتروژن انتخاب کرد. در این تحقیق، با توجه به محاسبات انجام شده روی میدان پارسی، با استفاده از نرم افزارWellfloو همچنین اطلاعات موجود، حداکثر دبی مورد نیاز نیتروژن برای چاه های میدان پارسی و کرنج ۱۲۰۰ فوت مکعب در دقیقه می باشد. ظرفیت پمپی که مایع را به سمت پمپهای دکل انتقال می دهد با در نظر گرفتن ضریب ایمنی و همچنین نوع پمپ های موجود به میزان 300 GPM و فشار 50 psi در نظر گرفته می شود. ظرفیت بوستر نیتروژن می بایستی به اندازه ظرفیت دستگاه تولید کنندهٔ نیتروژن یعنی ۱۵۰۰ فوت مکعب در دقیقه باشد. شبکهٔ کاهندهٔ فشار که برای حفاری فرو تعادلی در میادین نفتی ایران مورد نیاز می باشد عبارتند از: فورانگیر دورانی و دستگاه رانش لوله ها در چاه های زنده . فشار کاری فورانگیر دورانی در حالت استاتیک باید به اندازهٔ فشار کاری فورانگیرهای دکل یعنی 5000 psi باشد، ولی فشار دورانی آن می بایستی متناسب با فشار مخزن انتخاب گردد.(فورانگیر دورانی موجود دارای فشار استاتیک 3000 psi و فشار دورانی 1000 psi می باشد. فشار کاری دستگاه رانش لوله ها در چاههای زنده نیز باید همانند فشار کاری فورانگیر دورانی باشد. از تجهیزات بسیار مهم دیگر در حفاری زیر تعادلی میادین نفتی ایران تفکیک کنندهٔ چهار فازی می باشد . ظرفیت این تفکیک کننده می بایستی متناسب با شاخص بهره دهی چاههای نفت و نسبت گاز به نفت باشد . از آن جایی که میزان بهره دهی چاه های نفت میادین جنوب در دامنه ۱۰۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ بشکه در روز می باشد، ظرفیت تفکیک کننده نیز باید در همین دامنه انتخاب شود. همچنین با توجه به نسبت گاز به نفت(GOR) در میادین ذکر شده ظرفیت تفکیک کننده چهار فازی نسبت به گاز نیز باید حدود ۴۰ میلیون فوت مکعب در روز باشد. بالاخره، جامدات خروجی از تفکیک کننده باید به صورت دوغاب توسط پمپ های دورانی به محل مناسب انتقال داده شوند.

منابع

[1] Guo, B. and Ghalambor, A., “Gas Volume Requirements for Under balanced Drilling” Published by Pennwell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, USA, 2002.

[2] Gas Research Institue, “Under Balanced Drilling Manual” Gas Research Institute Publication, Chicago, 1997.

www.SID.ir

Archive of SID

[3] Lyons, W.C., Guo, B., and Seidl, F. A., "Air and Gas Drilling Manual", 2th ed. McGraw Hill Book Company, New York, USA, 2001.

[4] Lyons, W. C., et al., "Standard Handbook of Petroleum and Natural gas Engineering", Volume 1., Gulf Publishing Company, 1996.

[5] Supan, S. B. and Adewumi, M. A., "An Experimental Study of the Annulus Pressure Drop in a Simulated Air- Drilling Operation", SPE Drilling & Completion Journal, Sept. 1991.

[6] Guo, B. "Use of Spreadsheet and Analytical Models to Simulate Solid, Water, Oil and Gas Flow in Under Balanced Drilling", Processing, IADC/SPE Middle East Drilling Technology Conference, 2002.

[7] Tian, S. and Adewumi, M. A., "Development of Hydrodynamic Model Based Air Drilling Design Procedures", Drilling Engineer, 23 Jun. 1992.

[8] Guo, B. and Rajtar, J. M., "Volume Requirements for Aerated Mud Drilling", SPE Drilling and Completion Journal, Jun. 1995.

[9] Griffin, D. R. and Lyons, W. C., " Case Studies of Design and Implementation of Under Balanced Wells", Rocky Mountain Regional Meeting, Society of Petroleum Engineers, SPE Paper, 55060, 1999.

[10] Guo, B., Hareland, G. and Rajtar, J., "Computer Simulation Predicts Unfavorable Mud Rate and Optimum Air Injection Rate for Aerated Mud Drilling", SPE Drilling & Completion Journal, Sept. 1996.

[11]Guo, B. and Ghalambor, A., "An Innovation in Designing Under Balanced Drilling Balanced Flow Rates: A Gas – Liquid Rate Window (GLRW) Approach", Asia Pacific Drilling Technology Conference, SPE Paper, 77237, 2002.

[12] Herzhaft, B., "Aqueous Foams for Under Balanced Drilling", SPE Paper, 62898, Annul Technical Conference and Exhibition , Texas, 2000.

[13] Rehm, B., "Practical Under Balanced Drilling and Workover ", Published by Petroleum Extension Services, The University of Texas at Austin, USA., 2002.

[14] Bork, K., "The Rotary Rig and its Components", Published by: Petroleum Extension Services, Volumes 1, 2, 3, 8 and 9, The University of Texas at Austin, USA., 1995.

[15] Jan, G., Mudler, S. and John Son, D., "Progress Continues in Under Balanced Well System", Published By: Weatherford UB Services, Aug. 2001.

[16] Jan, G., Mudler, S. and John Son, D., "Progress Continues in Under Balanced Operation Technology", Presented at The AADE, Houston, Texas, Feb. 2000.

[17] Lynch, P. F., " A Primer in Drilling and Production Equipment, Published by: Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1981.

[18] Dorenbos, R. and Ramalho, J., "Under Balaced Drilling Primer", Published by: Shell International Exploration and Production B. V.,Jun. 2002.]

[19] Santpere, S. and Maocillat, Y.,"Hole Cleaning Capabilities of Drilling Foams Compared to Conventional Fluids, SPE, 63049, 2000.

www.SID.ir