بررسی حفاری فروتعادلی در چاه انحرافی ۷۸ میدان پارسی

محمد قربانی* • دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه | عبدالمجید موحدی‌نیا • دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج |

چکیده

هم‌اکنون اکثر میادین نفت و گاز ایران از جمله میدان نفتی پارسی، همانند بسیاری از میادین نفتی شناخته شده در جهان در فاز تخلیه به سر می‌برند. در سازندهای با ضریب تخلیه‌شدگی بالا، فشار منفذی پایین بوده و بنابراین، با انجام حفاری فراتعادلی صدمات جبران ناپذیری ناشی از هجوم سیال حفاری به سازند مخزن وارد می گردد. حفاری فروتعادلی، فشار هیدرواستاتیکی ستون سیال را کاهش داده، فشار ستون سیال درون چاه کمتر از فشار سازند می گردد. حفاری فروتعادلی به‌صورت تصاعدی در سرتاسر جهان رو به افزایش است و به‌عنوان یک تکنیک به‌منظور کاهش مشکلات آسیب سازند اطراف چاه و همچنین افزایش سرعت حفاری، جایگزین حفاری به روش فراتعادلی می گردد. البته باید توجه داشت که حفاری فروتعادلی در بعضی شرایط نمی‌تواند موفقیت‌آمیز باشد. یکی از این شرایط که باعث بُروز مشکلات متعددی از جمله هرزروی شدید سیال حفاری و خرابی موتورهای درون‌چاهی می گردد، انجام هم‌زمان حفاری فروتعادلی و حفاری انحرافی است که نمونه بارز آن در چاه-۷۸ میدان پارسی مشاهده شده است. در این مقاله به بررسی این مشکلات پرداخته شده و همچنین تکنیک‌های مؤثر برای جلوگیری از مشکلات فوق و کاهش آنها ذکر گردیده است تا بتوان حفاری چاه را ایمن و طبق برنامه پیش بُرد.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده:

۹۴/۱۰/۲۰

تاریخ ارسال به داور:

۹۴/۱۱/۱

تاریخ پذیرش داور:

۹۴/۱۲/۸

واژگان کلیدی:

حفاری فروتعادلی، حفاری انحرافی، هرزروی شدید سیال حفاری، موتورهای درون‌چاهی

مقدمه

مخزن آسماری میدان پارسی از جمله پُرشکاف‌ترین مخازن ایران به‌شمار می‌رود که در اثر سال‌ها تولید با افت فشار زیادی مواجه است. بنابراین، لزوم به‌کارگیری حفاری فروتعادلی در این نوع مخازن امری بدیهی است. شرایط اقتصادی باعث شده تا عملیات حفاری چاه‌های مربوط به نفت و گاز با تکنولوژی‌های مختلف آزموده شوند. یکی از این تکنولوژی‌ها، به‌کارگیری حفاری فروتعادلی است؛ حفاری فروتعادلی چاه‌های افقی، شرایط مناسبی را برای تولید از سازندهایی که تولید از آنها به روش حفاری معمولی امکان‌پذیر و یا اقتصادی نیست، فراهم کرده و در نتیجه، باعث تولید شده است. انجام حفاری فروتعادلی نیاز به یک طراحی دقیق و حساب شده دارد تا بتوان از منابع و مهارت‌های موجود به‌خوبی استفاده کرده و حفاری را با ایمنی بالا و با موفقیت انجام داد. سیستم گردش گِل یکی از مهمترین و اساسی‌ترین بخش‌ها در عملیات حفاری است. موفقیت در انجام یک عملیات حفاری کاملاً وابسته به چگونگی سیستم گردش سیال درون چاه می‌باشد. از جمله مشکلات در ارتباط با سیال حفاری، هرزروی آن و تحمل هزینه‌های سنگین آن است. هرزروی سیالِ حفاری علاوه‌بر تحمیل هزینه‌ی اضافی جهت تهیه و جایگزینی مجدد سیال حفاری در حین عملیات حفاری، باعث وارد شدن صدمات جدی به یک مخزن می گردد. حفاری فروتعادلی راه‌حلی مفید و موثر جهت مقابله با مشکل هرزروی سیال حفاری است. آسیب سازندی مهمترین نگرانی در حفاری انحرافی چاه است که به‌دلیل تخریب اندود گل بر روی دیواره چاه، باعث نفوذ سیال حفاری به درون سازند شده و در این حالت چاه نیز به‌خوبی تمیز نمی‌شود، در حالی که با انجام حفاری فروتعادلی می‌توان از این مشکلات جلوگیری نمود. همچنین با انجام حفاری فروتعادلی می‌توان از اثرات مخرب تهاجم مواد و سیال حفاری که باعث تغییر خاصیت ترشوندگی سنگ، تغییر تراوایی نسبی و مسدود شدن خلل و فرج سنگ می‌شود نیز جلوگیری نمود. حفاری فروتعادلی، نوعی عملیات حفاری است که در آن، فشار سیال حفاری درون چاه کمتر از فشار سیال سازند نگه داشته می‌شود که در چنین حالتی هنگامی که یک لایه‌ی تراوا حفاری می‌شود، سیالات سازند به درون چاه جریان می‌یابند. اغلب اوقات، حفاری و تکمیل چاه‌ها به روش فراتعادلی انجام می‌شود، ولی بیش از نیم قرن است که روش‌های حفاری فروتعادلی نظیر حفاری با هوا، حفاری با کف و حفاری با گل هوازده مورد استفاده قرار گرفته است[۲].

۱- خلاصه‌ای از عملیات حفاری انجام گرفته در چاه-۷۸ پارسی

حفاری این چاه در تاریخ ۹۱/۷/۲ آغاز شد. پس از ۱۰۵ روز جداری "۹ ۵/۸ در عمق ۲۳۸۴/۵ متری رانده شد. حفاری تا عمق ۲۳۹۱ متری به‌دلیل خراب شدن موتورهای درون‌چاهی و تعویض آن انجام گردید. ادامه حفاری انحرافی با روش فروتعادلی، تا عمق ۲۸۹۶/۵ متری انجام و آستری "۷ تا عمق ۲۷۵۰ متری رانده شد. حفاری سیمان تا لبه آستری "۷ انجام گردید و آزمایش خشک فشار خوب بود. حفاری تا عمق نهایی ۲۹۶۲/۶ متری انجام و دکل در تاریخ ۹۱/۱۱/۲۵ ترخیص گردید

* M61_ghorbani88@yahoo.com

[۱].

۲- مشکلات به‌وجود آمده در عملیات حفاری چاه-۷۸ پارسی

با توجه به هرزروی‌های شدید پیش آمده در حفاری مخزن تولیدی چاه-۷۸ میدان پارسی تصمیم گرفته شد تا حفاری به‌صورت فروتعادلی ادامه یابد. در حفاری فروتعادلی به‌علت تزریق همزمان گاز و سیال به درون چاه، استفاده از MWD[۱](اندازه‌گیری در حین حفاری) را به‌علت وجود فاز گازی با خاصیت تراکم پذیری بالا، با مشکل روبه‌رو می‌سازد. برای دستیابی به شرایط فروتعادلی، از تزریق نیتروژن به همراه گازوئیل استفاده شد. باتوجه به نیتروژن بالای ۱۷ درصد در سیال حفاری، سگینال، خارج از محدوده موردنظر بود. لذا مجبور به کاهش نیتروژن کمتر از ۱۷ درصد برای ادامه عملیات شده‌اند که باعث هرزروی کامل سیال حفاری و گیر لوله‌های حفاری گردید. با توجه به نیتروژن بالای ۱۷ درصد موجود در سیال حفاری، MWD بازدهی مطلوبی نداشته و موجب تخریب موتور درون‌چاهی شده است. از دیگر مشکلات موجود در این چاه که در اغلب چاه‌های حفاری شده‌ی میدان به روش فروتعادلی مشاهده شده است، کشتن چاه در هنگام پیمایش لوله‌ها، نمودارگیری و راندن آستری برای جلوگیری از فشار گرفتن چاه و همچنین، نوسانات فشار گردشیِ ته‌چاهی در هنگام اتصال لوله‌ها بوده که این عامل باعث از دست دادن شرایط فروتعادلی و تبدیل آن به شرایط فراتعادلی شده است. در ادامه، تکنیک‌های موثر به‌منظور کاهش مشکلات به‌وجود آمده شرح داده می‌شوند[۱،۴].

۳- تکنیک‌های جدید برای حفظ شرایط حفاری فروتعادلی

هرزروی سیال حفاری از مشکلات شایع در حفاری است که از یک‌سو هزینه‌های حفاری را افزایش می‌دهد و از سوی دیگر، موجب آسیب‌دیدگی سازند تولیدی می‌شود. در اثر آسیب‌دیدگی سازند و کم‌شدن تراوایی اطراف چاه، بهره‌دهی قابل انتظار کاهش می‌یابد. لذا همواره سعی بر این است که با هر روشی میزان هرزروی را کاهش دهیم[۳،۵].

۳-۱- به‌کارگیری ابزار EMWD[۲] و جلوگیری از بُروز هرزروی

امروزه ابزار جدیدی به نام EMWD (الکترومغناطیس اندازه‌گیری در حین حفاری) عرضه شده است که انتقال اطلاعات آن از درون چاه به سطح وابسته به نوع سیال حفاری نمی‌باشد. به‌کارگیری این ابزار در چندین میدان نفت و گاز دنیا به‌ویژه یکی از میادین ونزوئلا بسیار مؤثر بوده است[۶].

۳-۲- کارکرد بهینه موتورهای درون‌چاهی همراه با حفظ شرایط فروتعادلی

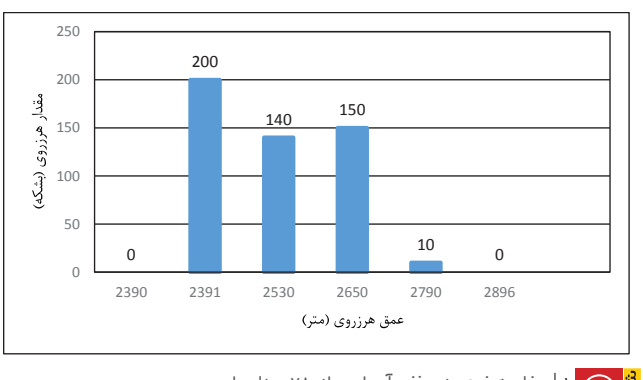
موتورهای درون‌چاهی ابزاری است که در بالای مته قرار می‌گیرند و با گردش سیال حفاری نیروی لازم برای چرخش مته را فراهم می‌کنند. استفاده از سیالات تراکم‌پذیر باعث خراب شدن موتورهای درون‌چاهی می‌شود. بنابراین، از یک‌سو می‌باید جهت کارکرد بهینه موتور درون‌چاهی از ورود سیال تراکم‌پذیر به موتور درون‌چاهی اجتناب نمود و از سوی دیگر، شرایط فروتعادلی را هم حفظ نمود. در ادامه، راهکارهایی که موجب کاهش مشکلات فوق می‌گردند، شرح داده شده است.

۳-۲-۱- تزریق گاز از طریق Jet Sub

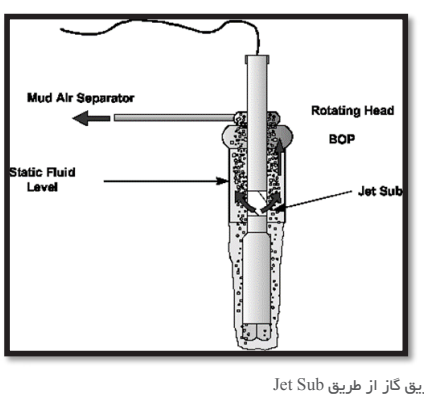
Jet Sub ابزاری است که می‌تواند سیال تراکم‌پذیر را از سیال تراکم‌ناپذیر قبل از رسیدن به موتورهای درون‌چاهی جدا نماید. بنابراین، با بهره‌گیری از این ابزار شرایط مناسب برای موتور درون‌چاهی فراهم شده و از خرابی آنها جلوگیری می‌شود[۷].

۳-۲-۲- تزریق گاز از طریق Parasite String

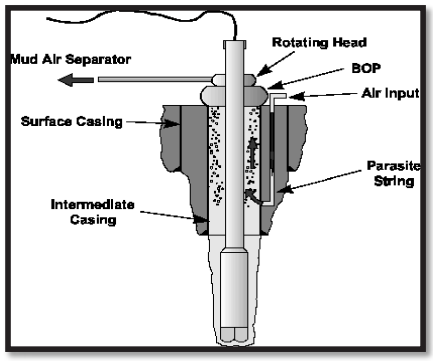
در این روش، تزریق گاز از طریق لوله به درون فضای حلقوی، صورت می‌گیرد تا شرایط فروتعادلی حفظ شود. بنابراین، به‌این طریق نیز می‌توان از ورود سیال تراکم‌پذیر به موتور درون‌چاهی جلوگیری کرد[۷].



۱ | میزان هرزروی در مخزن آسماری چاه-۷۸ میدان پارسی



۲ | تزریق گاز از طریق Jet Sub



شکل ۳ | تزریق گاز از طریق Parasite String

۳-۲-۳- تزریق گاز از طریق Parasite Casing

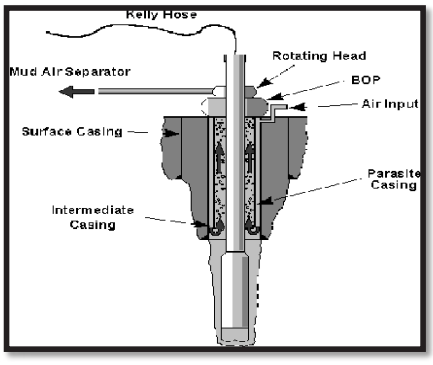
در این روش تزریق گاز از طریق جداری به درون فضای حلقوی صورت می‌گیرد تا شرایط فروتعادلی حفظ شده و از رسیدن سیال تراکم‌پذیر به موتور درون‌چاهی جلوگیری شود. باید توجه داشت که استفاده از این تکنیک موجب کاهش اندازه قُطر چاه و صرف زمان و هزینه بیشتر خواهد شد[۷].

۳-۳- به‌کارگیری ابزارهای نوین برای جلوگیری از کشتن چاه

در حفاری فروتعادلی به خاطر عدم تشکیل اندود گل مناسب، کشتن چاه می تواند موجب هرزروی و آسیب دیدگی شدیدتر نسبت به حفاری فراتعادلی شود، لذا جلوگیری از کشتن چاه امری ضروری است. برای غلبه بر این مشکل استفاده از ابزارهای زیر توصیه می گردد:

۳-۳-۱- ابزار فوران‌گیر دورانی

باظهور حفاری فروتعادلی، فوران‌گیرهایی که امکان چرخش لوله‌های حفاری و گردش سیال حفاری پس از بستن چاه را بدهند، طراحی و ساخته شده‌اند. در این خصوص برای ایجاد شرایط ایمن‌تر و تحمل فشارهای بالاتر فوران‌گیر دورانی وارد عرصه حفاری شد. در این نوع فوران‌گیر با اِعمال فشار هیدرولیک بر روی لاستیک‌های تعبیه شده در



شکل ۳ | تزریق گاز از طریق Parasite Casing

روی آن باعث گرفته شدن لوله‌های حفاری توسط این لاستیک‌ها شده و در نتیجه، در هنگام حفاری، ارتباط بالا و پایین چاه از این قسمت قطع می‌گردد و حفاری می‌تواند به‌طور ایمن ادامه پیدا کند. امروزه استفاده از این ابزار در حفاری فروتعادلی اغلب کشورها مرسوم است[۸].

۳-۳-۲- ابزار DDV[۳]

این ابزار نوعی شیر یکطرفه‌ای درون‌چاهی است که به‌صورت هیدرولیکی از روی سطح قابل کنترل است. با عملکرد این شیر ارتباط بالا و پایین شیر قطع شده و امکان پیمایش لوله‌ها بدون کشتن چاه فراهم می‌شود[۹].

۳-٤- کاهش نوسانات فشار گردشی ته‌چاهی و حفظ شرایط فروتعادلی

در هنگام اتصال لوله‌ها باید تزریق سطحی را متوقف نمود که این امر باعث کم شدن فشار اصطحکاکی و کاهش فشار اولیه گردشی ته‌چاهی می‌شود. با شروع مجدد تزریق سیال و افزایش فشار اصطحکاکی، فشار گردشی ته‌چاهی افزایش می یابد که این نوساناتِ فشار گردشی ته‌چاهی باعث از دست دادن شرایط فروتعادلی و تبدیل آن به شرایط فراتعادلی می‌شود[۱۰]. برای حل این مشکل استفاده از روش‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

۳-٤-۱- حفاری با لوله مغزی سیار

در حفاری فروتعادلی با استفاده از لوله‌مغزی سیار، بر خلاف حفاری با اتصالات لوله‌ای، از خاموش و روشن کردن پمپ سیال حفاری جلوگیری می‌شود و حفاری به‌صورت پیوسته و یکنواخت ادامه پیدا می‌کند. در این نوع حفاری، به علت نداشتن اتصال لوله‌ای، نیازی به توقف حفاری جهت تخلیه فشار و فشارگیری مجدد برای تعویض لوله ها نمی‌باشد. در نتیجه از نوسانات فشارهای ته‌چاهی در هنگام اتصال لوله‌ای تا حدود زیادی کاسته می‌شود[۵].

۳-٤-۲- سیستم لوله گذاری تحت فشار

در این سیستم، لوله‌گذاری و اتصال لوله‌ها، تحت فشار و بدون توقف در تزریق سیال حفاری صورت می گیرد. سیستم لوله‌گذاری تحت فشار علاوه‌بر اینکه امکان عملیات پیمایش لوله‌ها بدون نیاز به کشتن چاه را فراهم می‌آورد، تا حدود زیادی مشکل نوسانات فشار ته‌چاهی را حل نموده تا شرایط فروتعادلی همواره حفظ شود[۱۰].

نتیجه‌گیری

۱- در حفاری میدان پارسی به روش حفاری فروتعادلی گرچه بسیاری از مشکلات مربوط به هرزروی سیالِ حفاری کنترل گردید اما با توجه به نیاز حفاریِ چاه به‌صورت انحرافی، مشکل دریافت سیگنال از اندازه‌گیری در حین حفاری باعث اتلاف زمان‌های زیادی شد. باید توجه داشت در حفاری فروتعادلی به‌دلیل استفاده از سیالات حفاری تراکم‌پذیر، اندازه‌گیری در حین حفاری، سیگنال مناسبی به سطح زمین منتقل نکرده و فقط زمانی که درصد نیتروژن درون سیال حفاری کمتر از ۱۷ درصد باشد، سیگنال‌های مناسبی به سطح زمین می فرستد. اگر درصد نیتروژن درون سیال حفاری بیشتر از ۱۷ درصد باشد، از الکترومغناطیس اندازه‌گیری در حین حفاری استفاده می‌شود. بنابراین با استفاده از ابزار مناسب‌تری مانند الکترومغناطیس اندازه‌گیری در حین حفاری به‌جای اندازه‌گیری در حین حفاری دیگر نیازی به کاهش درصد نیتروژن نبوده و در نتیجه، از هرزروی سیال حفاری جلوگیری خواهد شد.

۲- به‌علت نامناسب و غیرایمن بودن تجهیزات سرچاهیِ حفاری فروتعادلی، در هنگام پیمایش لوله‌ها، نمودارگیری چاه و همچنین راندن آستری برای جلوگیری از جریان گرفتن شدید چاه، لازم است چاه کشته شود که این عامل، باعث هرزروی‌های شدید در مخزن شده و علاوه‌بر تحمیل هزینه‌های فراوان، باعث آسیب‌دیدگی شدید به مخزن می‌گردد. در این راستا باید برای غلبه بر این مشکل از ابزارهای فوران‌گیر دَورانی و DDV استفاده شود.

۳- یکی از مشکلات عمده در عملیات حفاری، هرزروی سیال حفاری است. در این مقاله نشان داده شد که بیشترِ هرزروی‌های به‌وجود آمده، ناشی از دست دادن شرایط فروتعادلی بوده است. به همین دلیل لازم است برای جلوگیری از هرزروی سیال حفاری حتی الامکان تا پایان عملیات حفاری شرایط فروتعادلی حفظ شود.

٤- استفاده از سیالات تراکم‌پذیر باعث خراب شدن موتورهای درون‌چاهی می‌شود که این امر در میدان پارسی مشاهده شده است. بنابراین از یک سو لازم است جهت کارکردِ بهینه موتور درون‌چاهی از ورود سیال تراکم‌پذیر به موتور درون چاهی اجتناب شود و از سوی دیگر، شرایط فروتعادلی حفظ گردد. برای غلبه بر این مشکل ضروری است یکی از روش‌های تزریق همانند تزریق گاز از طریق Jet Sub، تزریق گاز از طریق Parasite String و تزریق گاز از طریق Parasite Casing مورد استفاده قرار گیرد.

پانویس‌ها

1.Measurement While Drilling
2. Electromagnetic Measurement While Drilling
3. Downhole Deployment Valve

منابع

[۱] گزارش‌های چاه‌های میدان پارسی، اداره کل حفاری شرکت نفت‌خیز جنوب، ۱۳۹۳.

[2] S.R.Shadizadeh; M.Zaferanieh; "The Feasibility Study of Using Under Balanced Drilling in Iranian Oil Fields", SPE/IADC 97317.
[3] Hani.Qutob; " Underbalanced Drilling; Remedy for Formation Damage, Lost Circulation, & Other Related Coventional Drilling Problems",SPE 88698.
[4] Baker Hughes INTEQ; "Drilling Engineering & Directional Drilling" 80270 H Rev.B/Desamber1995.
[5] D.Brant Bennion; F.brent Thomas;A.K.M. Jamaluddin; T.Ma;C. Agnew;" Formation Damage and Reservoir Codsiderations for Overbalanced and Underbalanced CT Operations" 6th International Conference on Coiled Tubing Technologies to be held in Houston,-Texas1997.
[6] F.J.Romero,D.Pi; A.Cinquegrani.Prez Companc;" Underbalanced EMWD-AP LA Concepcion Block, Maracaibo Basin,Venezuela", SPE/69496.
[7] " Underbalanced Drilling Manual", Version1.0, Novamber 1999.
[8] Robert L. Cuthbertson; John Vozniak; Joe Kinder;"New Surface Equipment For Underbalanced Drilling",March 1997.
[9] A.Timms ; K..Muir ; C.Wuest;"Downhole Deployment Valve-Case History",SPE 93784.
[10] K.Shahbazi ; Gh. Rashed;"Prevention of Transition to Overbalanced Coditions in Underbalanced Drilling Operations",1st National Iranian Drilling Industry Congress.