

بررسی تأثیر استفاده از کربنات کلسیم بر هرزروی گل حفاری سازند آسماری در میدان مارون

امین احمدی^{*}، مجتبی آبدیده، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر ■ محمدرضا عادل زاده، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب

چکیده

هرزروی گل حفاری یکی از بزرگ‌ترین مشکلات عملیات حفاری است که باعث از دست رفتن زمان دکل و افزایش هزینه‌ها می‌شود و توسط عواملی مثل ماهیت و ترکیب سازند، اختلاف فشار ستون گل حفاری و سازند، نوع گل حفاری و عوامل هیدرولیکی بوجود می‌آید. حین عملیات حفاری سازند آسماری میدان مارون، در اثر وجود شکاف‌های طبیعی و وجود ساختار غاری شکل در سازند و دلایل مربوط به عملیات حفاری، هرزروی اتفاق می‌افتد. پیشگیری از این مشکل راهکارهای متعددی از جمله استفاده از گل حفاری مطلوب و ایده‌آل به همراه مواد افزودنی کنترل‌کننده‌ی هرزروی مناسب و کاهش وزن گل حفاری وجود دارد. در این تحقیق با ساخت گل حفاری پایه روغنی مطلوب و انجام آزمایش‌ها، کربنات کلسیم به‌عنوان ماده‌ی افزودنی کنترل‌کننده‌ی هرزروی مناسب و مؤثر در گل حفاری میدان مارون پیشنهاد می‌شود. استفاده از کربنات کلسیم باعث کاهش مصرف مواد، هزینه و زمان حفاری و در نتیجه کاهش هرزروی گل در واحد عمق چاه می‌شود.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۷/۰۱/۰۸

تاریخ ارسال به داور: ۹۷/۰۱/۱۲

تاریخ پذیرش داور: ۹۶/۰۴/۲۸

واژگان کلیدی:

کربنات کلسیم، هرزروی گل، رئولوژی، گل پایه روغنی، سازند آسماری

مقدمه

جلوگیری از این مشکل راهکارهای متفاوتی از جمله کاهش وزن گل، کاهش جریان ورودی به سازند، استفاده از مواد کنترل‌کننده‌ی هرزروی و در نهایت گذاشتن پلاگ سیمانی وجود دارد. هرزروی در نوع، شدت و مکان وقوع درون چاه متفاوت است؛ از این رو دانستن نوع و مکان هرزروی به انتخاب صحیح مواد کنترل‌کننده‌ی هرزروی کمک می‌کند. محل هرزروی با استفاده از اطلاعات حفاری چاه‌های مجاور، تغییرات سازند و روش‌های مختلف نمودارگیری مشخص می‌شود. اما همچنان فهم علل هرزروی از مهم‌ترین اولویت‌های پژوهشگران صنعت حفاری است [۱]. در این تحقیق پس از مطالعه و بررسی دلایل هرزروی در سازند آسماری میدان مربوطه، ابتدا گل پایه روغنی مصرفی در سازند آسماری در میدان مارون بررسی شد تا بتوان به کمک آن گل پایه روغنی‌ای ساخته شود که کاربرد بیشتری در منطقه داشته و در حد ممکن هزینه‌ها را نیز کاهش دهد. زیرا وظیفه‌ی مهم و اصلی گل در عملیات حفاری، بوجود آوردن خواص معین و مطلوب است؛ به طوری که می‌توان گفت نیمی از هرزروی‌ها با استفاده از گل حفاری مناسب قابل پیشگیری هستند. سپس با استفاده از امکانات آزمایشگاهی، مواد کنترل‌کننده‌ی هرزروی کربنات کلسیم بررسی می‌شود. آزمایش‌ها و مدل‌سازی مواد کنترل‌کننده‌ی هرزروی به همراه گل حفاری پیشنهادی به کمک دستگاه مدل‌ساز، شناسایی مصالح و افزودنی‌های مناسب برای گل حفاری در منطقه‌ی عنوان شده از نظر اندازه و خواص را ممکن می‌سازد. عیسی‌لو و همکاران در ۱۳۸۵ تحقیق و تعریفی از هرزروی و تأثیر آن بر تکمیل چاه ارائه کرده‌اند که عبارت است از هدررفتن کل یا بخشی از گل حفاری. سیال تکمیل چاه و دوغاب سیمان به درون سازندهای نفوذپذیری مثل ماسه‌سنگ، سازندهای حفره‌ای

گم شدن گل در شکاف‌های سازند حین عملیات حفاری را هرزروی گل گویند که می‌تواند با کاهش تدریجی ارتفاع گل در مخزن یا از بین رفتن کامل گل برگشتی آغاز شود. ماهیت شدت عمل هرزروی در چاه متفاوت است. حتی تجارب حاصل از یک ناحیه قادر به ارائه‌ی توصیه‌ای شامل تمامی مشکلات نیست. به همین دلیل برای کنترل هرزروی، یک عملیات ویژه و باقاعده که از مؤثرترین و با صرفه‌ترین روش‌های شناخته شده است به کار می‌رود. این عملیات مواد کنترل‌کننده‌ی هرزروی گازوئیل، سیمان و مخلوطی از مواد درزبند را در محل هر دستگاه حفاری به‌نحو مطلوبی به کار می‌گیرد. شرکت‌های نفتی سالانه میلیون‌ها دلار صرف حل مشکل هرزروی می‌کنند. مشکلاتی از جمله گیر کردن لوله‌ها، از دست رفتن زمان دکل، فوران چاه، از دست رفتن حجم زیاد گل حفاری و آسیب به سازند در اثر هرزروی ایجاد می‌شوند. هنگام هرزروی، بر اثر ایجاد اختلاف فشار بین گل و سازند ممکن است لوله‌ها در چاه گیر کنند. جهت حل این مشکل باید عملیات پرهزینه‌ی مانده‌یابی انجام شود. نتایج چاه‌آزمایی در مخازن شکاف دار نشان می‌دهد که در چاه‌هایی با هرزروی جزئی یا کلی گل، آسیب شدیدی به سازندهای تولیدی وارد شده است. هرزروی گل می‌تواند سبب انتقال ذرات ریز گل به درون منافذ سازند و کاهش نفوذپذیری ناحیه‌ی اطراف چاه شود. علاوه بر این، فیلترشدن گل ممکن است سبب واکنش شیمیایی گل با ترکیبات سیالات مخزن شده و با تشکیل رسوب، نفوذپذیری مخزن در اطراف چاه کاهش یابد. جهت رفع این معضل باید عملیات پرهزینه‌ی تحریک سازند و اسیدکاری انجام شود. هرزروی گل به دلیل عواملی از جمله اختلاف فشار ستون گل حفاری و سازند، وجود شکاف و خواص سازند رخ می‌دهد که برای

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (ahmadi.amin68@yahoo.com)

بدین منظور، ابتدا پلیمر کربوکسی متیل سلولز به روش شیمیایی به صورت توده‌ی سنتز به کار بردند و برای سنتز نانوذرات آن، از روش مکانیکی آسیاب گلوله‌ای استفاده کردند. میانگین اندازه‌ی نانوذرات توسط دستگاه توزیع اندازه‌ی ذرات نانومتر به دست آمده است. سپس با استفاده از روش پلیمریزاسیون مینی امولسیون جهت تولید پوسته-هسته، پوسته‌ای از پلیمر استایرن بر نانوذرات پوشانده شده و با استفاده از دستگاه آنالیز حرارتی بررسی گردیده است. در نهایت توده‌ی کربوکسی متیل سلولز، نانوذرات کربوکسی متیل سلولز و پوسته-هسته‌ی نانوذرات با استایرن را به گل حفاری پایه آبی اضافه کردند و سپس خواص گل شامل مقدار هرزروی آب، ضخامت اندود گل، نقطه‌ی تسلیم، گرانیروی، وزن گل و pH را با استانداردهای API بررسی نمودند که نتایج نشان از بهبود خواص گل داشت [۴]. نصیری و همکاران در ۱۳۹۴ طی بررسی علل هرزروی گل حفاری نشان دادند که بهترین راه جهت کنترل هرزروی متغیرهای حفاری کنترل مقدار اعمال وزن روی مته، جریان ورودی به چاه و سرعت حفاری است [۵].

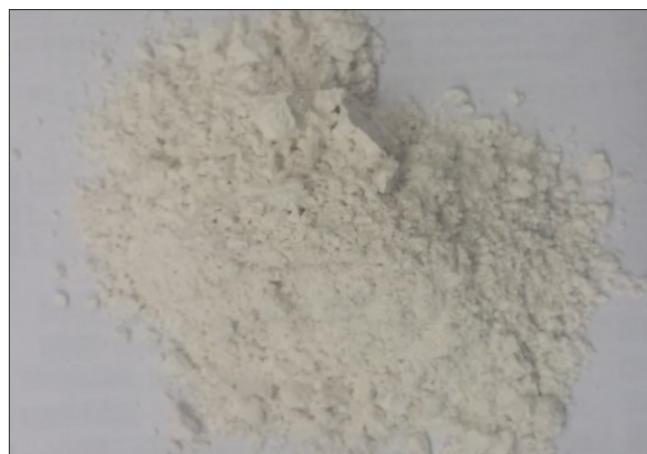
۲- معرفی کربنات کلسیم

ماده‌ی کنترل کننده‌ی هرزروی کربنات کلسیم است که با نام سنگ آهک نیز شناسایی می‌شود و البته بسیار خالص تر از سنگ آهک عادی است. خلوص زیاد، قابلیت حل در اسید و سختی و مقاومت زیاد از دیگر مزایا و علل انتخاب این ماده است. کربنات کلسیم در سه اندازه‌ی استاندارد پودری شکل ریز، دانه‌های متوسط و درشت در دسترس است که کربنات کلسیم متوسط و درشت برای کنترل هرزروی کارایی زیادی دارند. مصرف این ماده جهت کنترل هرزروی، برای پوشاندن نواحی بسیار نفوذپذیر، نواحی شکسته شده و به خصوص هنگام حفاری با فشارهای ناهمسان ایجاد شده، در شرایط غیرمتعادل یا حین کاوش در نواحی تحلیل رفته بسیار مؤثر است [۶].

۳- روش ساخت گل روغنی با نسبت وزنی گازوئیل به آب ۶۰ به ۴۰ درصد

اساس ساخت گل پایه روغنی بر پایه‌ی نسبت وزنی ترکیب گازوئیل به آب است. پس از شناسائی سازند آسماری و هرزروی گل در منطقه، مشخص شد که به گلی با وزن کمتر از ۵۷pcf نیاز داریم به غیر از گل روغنی که نسبت ۵۰ درصد گازوئیل به ۵۰ درصد آب است سایر نسبت‌ها امکان داشتن این وزن را در خود دارند؛ چراکه گازوئیل وزن ۵۳/۷pcf و آب وزن ۶۲/۴pcf را اعمال می‌کنند. گل روغنی که در آزمایشگاه ساخته می‌شود باید خواص رئولوژی مناسب داشته باشد و با محاسبه‌ی اقتصادی آن با گلی که هم‌اکنون در منطقه‌ی مارون در سازند مربوطه استفاده می‌شود

مثل سنگ آهک یا سازندهای شکسته به صورت طبیعی یا القائی مانند دولومیت‌ها (که در هنگام حفاری، تکمیل چاه و عملیات سیمان کاری اتفاق می‌افتد) نفوذ می‌کند و مقابله با هرزروی فرآیندی پرهزینه و زمان‌بر است. هرزروی عواقب و نتایج مختلفی در پی دارد که از جمله‌ی آنها می‌توان افزایش هزینه به دلیل از دست دادن گل حفاری، افزایش زمان دستگاه حفاری، آسیب سازند به دلیل ورود گل به سازندهای تولیدکننده، گیر کردن لوله‌ها، نیاز به راندن لوله‌ی جداری اضافی، سیمان کاری ضعیف به دلیل پر نشدن پشت لوله‌ی جداری، احتمال فوران و در نهایت از دست دادن چاه را نام برد [۲]. رنجبر و تقوی فر در ۱۳۹۲ طی مطالعاتی گسترده در دو بخش آزمایشگاهی و میدانی، امکان تغییر روش مرسوم کنترل هرزروی را بررسی کردند. هرزروی گل به عنوان یکی از مشکلات اصلی فراروی صنعت نفت جهان، عمده‌ی زمان‌های از دست رفته‌ی دستگاه حفاری را به خود اختصاص داده است. در برخی موارد به دلیل عدم توانایی یا حتی عدم درمان به موقع یا بهینه‌ی این معضل، خسارات جبران‌ناپذیری به بار آمده است. برای مقابله با این مشکل، راهکارها و روش‌های مختلف و گسترده‌ای در سراسر دنیا استفاده می‌شود. روش مرسوم مواجهه با هرزروی گل حفاری در کشورمان، مبتنی بر اثبات پیل‌های LCM است که عملاً هزینه‌ی هنگفت و بازده کمی داشته است. جهت بهینه‌سازی روش درمان هرزروی در کشورمان، امکان تغییر روش مرسوم کنترل هرزروی بررسی شده است [۳]. صبوری و همکاران در ۱۳۹۱ مطالعه‌ای آزمایشگاهی جهت بررسی تأثیر افزودنی نانوذرات بر خواص گل حفاری انجام دادند.



۱ | کربنات کلسیم مصرفی برای کنترل هرزروی [۶]

باقیمانده	اندازه‌ی متوسط (Mesh)	اندازه‌ی متوسط بر حسب اینچ
۵٪	۴	۰/۰۰۶۸
۷/۸۳٪	۱۰	۰/۰۱۷
۸/۱۵٪	۴۰	۰/۰۶۸

۳-۱- گل روغنی با نسبت وزنی گازوئیل به آب ۶۰ به ۴۰ با آب بدون نمک و اصلاح تراویده گل (عصاره)
در جداول- ۵ و ۴ مواد و خواص این گل درج شده است.

۳-۲- گل روغنی با نسبت وزنی گازوئیل به آب ۶۰ به ۴۰ با آب بدون نمک و افزایش زمان

با تأیید گل ساخته شده‌ی قبلی فقط مقدار کمی از دست رفتن آب در صافاب اتفاق می‌افتد که باید اصلاح شود. بر همین اساس زمان مخلوط شدن آب در سیستم گل از ۲۰ به ۲۵ دقیقه افزایش یافت که بررسی خواص آن در ادامه آمده است.

الف) ابتدا گل بدون استفاده از ژلتون ساخته و خواص آن بررسی شد. **مزایا:** با افزایش زمان مخلوط شدن، پایداری الکتریکی آن افزایش یافته که نشان از پایداری بهتر گل دارد و بیان‌کننده‌ی تأثیر زمان در افزایش پایداری الکتریکی است. وزن آن ۳/۵pcf کاهش یافته که باعث کاهش فشار هیدرواستاتیک گل می‌شود.

معایب: در این مرحله به علت نبود ژلتون در سیستم گل، خواص آن کم است. ب) در این قسمت با اضافه کردن ۲ پوند ژلتون خواص گل بررسی شد. **مزایا:** خواص گل شرایطی بسیار عالی دارد. گرانشی ظاهری ۲۰/۵، گرانشی پلاستیکی ۱۵ و نقطه‌ی واروی ۱۱ می‌باشد که می‌تواند خرده‌های

اقتصادی‌تر باشد. طی بررسی انجام شده روی میدان، بیشترین مصرف گل روغنی با وزن کم مربوط به گل روغنی با نسبت گازوئیل به آب ۷۰ به ۳۰ با آب نمک اشباع است که متأسفانه در تمامی شرایط (حتی نبود مناطق نمکی و شیلی) بدون توجه به بُعد اقتصادی از این گل استفاده می‌شود. با مشخص شدن و در نظر گرفتن محدوده‌ی مناطق خطرناک سازند آسماری در میدان مارون از نظر وجود شیل و نمک و نیز بررسی آزمایشگاهی انجام شده، امکان حذف نمک از گل ساخته شده با نسبت وزنی گازوئیل به آب ۶۰ به ۴۰ درصد و تغییر در نسبت مواد مقدور می‌شود که بهبود خواص رئولوژیکی و کاهش وزن گل را به دنبال دارد. این امر می‌تواند نقش به‌سزایی در جلوگیری و کاهش هرزروی ایفا کند و دلیل منطقی و خوبی جهت پذیرش و مطلوب بودن گل روغنی با نسبت وزنی گازوئیل به آب ۶۰ به ۴۰ درصد باشد.

مقدار	مواد
۲۰۰cc	گازوئیل
۶cc	امولسیفایر اولیه- V.C
۶ gr	آهک
۶ gr	کنترل‌کننده‌ی هرزروی آب گل V.T
۱۳۴ cc	آب / آب نمک
۲cc	امولسیفایر ثانویه- V.W

واحد	بعد از حرارت دادن در ۲۵۰°F	با اضافه کردن دو پوند ژلتون	بدون ژلتون	خواص
Sec ⁻¹	۴۰	۴۱	۲۵	6000
Sec ⁻¹	۲۴	۲۵	۱۳	3000
cp	۱۶	۱۶	۱۲	گرانشی پلاستیکی
lb/100 ft ²	۸	۹	۱	نقطه‌ی واروی
10-sec/10-min	۵/۶	۵/۶	۱/۲	قدرت ژلم شدن
mV	۲۸۱	۲۹۳	۲۷۳	پایداری الکتریکی
gr	۳۵/۵		۳۵/۵	وزن
cc	۹			هرزروی آب

واحد	بعد از حرارت دادن در ۲۵۰°F	با اضافه کردن دو پوند ژلتون	بدون ژلتون	خواص
Sec ⁻¹	۳۹	۴۰	۳۷	6000
Sec ⁻¹	۲۳	۲۴	۱۹	3000
cp	۱۶	۱۶	۱۸	گرانشی پلاستیکی
lb/100 ft ²	۷	۷	۱	نقطه‌ی واروی
10-sec/10-min	۳/۴	۳/۴	۰/۱	قدرت ژلم شدن
mV	۲۹۰	۳۴۲	۲۰۰	پایداری الکتریکی
gr	۳۵/۵		۳۵/۵	وزن
cc	۱۴			هرزروی آب

مقدار	مواد
۲۰۰cc	گازوئیل
۶cc	امولسیفایر اولیه- V.C
۶ gr	آهک
۸ gr	کنترل‌کننده‌ی هرزروی آب گل V.T
۱۳۴ cc	آب / آب نمک
۲cc	امولسیفایر ثانویه- V.W

مقدار	مواد
۲۰۰cc	گازوئیل
۶cc	امولسیفایر اولیه- V.C
۶ gr	آهک
۶ gr	کنترل‌کننده‌ی هرزروی آب گل V.T
۱۳۴ cc	آب / آب نمک
۲cc	امولسیفایر ثانویه- V.W

حفاری را به سطح زمین هدایت کرده و دیواره‌ی چاه را به‌طور کامل اندود کند. قدرت ژله‌ای ۵/۶ نیز می‌تواند خرده‌ها را بدون رسوب کردن در خود حمل نماید و به کمک افزایش زمان مخلوط شدن گل، پایداری الکتریکی را به سطح مناسبی برساند.

ج) در این قسمت خواص گل پس از حرارت دادن در دمای ۲۵۰°F و زمان شش ساعت بررسی شد.

مزایا: این گل در اثر حرارت تمامی شرایط خود را حفظ کرده و کمترین تغییری در خواص آن مشاهده نمی‌شود. با آزمایش هرزروی آب گل HT-HP مقدار ۷CC صافاب به دست آمد و از دست‌رفتگی آب در آن مشاهده نشد که این مهم به کمک افزایش زمان مخلوط شدن حاصل گردید. آزمایش همچنین نشان داد که این افزایش زمان باعث عملکرد بهتر ورساترول (به‌عنوان کنترل‌کننده‌ی هرزروی آب گل) می‌گردد و هرزروی آب گل نیز ۲CC کاهش می‌یابد. وزن حاصل (۵۳/۵pcf) مشخص می‌کند که در اثر حرارت و به علت احاطه شدن آب توسط روغن، تغییر کمی در وزن گل بوجود آمده و گل پس از برگشت از چاه هیچ‌گونه تغییر و اصلاحی نیاز ندارد و می‌توان آنرا دوباره استفاده کرد.

۴- آزمایش‌های کنترل هرزروی با کربنات کلسیم

آزمایش عملکرد مواد کنترل‌کننده‌ی هرزروی نیازمند دستگاه آزمایش

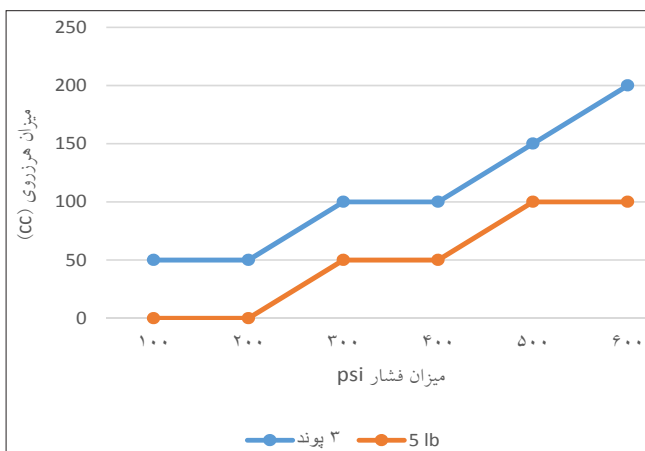
مواد انسدادی (BMT) است. این دستگاه شامل وسایل زیر است:
الف) یک دسته صفحات فولادی ضد زنگ (اسلات) با ضخامت ۱/۴ اینچ و قطر ۱۵/۸ اینچ. این صفحات شکاف‌هایی با لبه‌های چهار گوش به طول ۱۱/۸ اینچ و عرض ۰/۰۴ اینچ، ۰/۰۶ اینچ، ۰/۰۸ اینچ، ۰/۱۲ اینچ، ۰/۱۳ اینچ، ۰/۱۶ اینچ و ۰/۲ اینچ دارند.

ب) یک منبع فولادی ضدزنگ با قابلیت تحمل فشار تا ۱۰۰۰psi

ج) یک منبع گاز نیتروژن با فشار قابل‌تعدیل

د) یک ظرف مدرج پلاستیکی ۳۵۰۰ سانتی‌متر مکعبی با ورودی و خروجی مناسب که بتواند گل خروجی از سلول را در خود جای دهد.

گل مورد نظر ساخته شده قبل از استفاده با مخلوط کن هم‌زده می‌شود. سپس ۳۵۰۰ سانتی‌متر مکعب (۱۰ بشکه‌ی آزمایشگاهی) از گل به محفظه اضافه می‌شود. سپس مواد کنترل‌کننده‌ی هرزروی بر اساس پوند بر بشکه اضافه شده، درپوش محفظه بسته شده و منبع گاز متصل می‌گردد. پس از آن صفحات شکاف‌دار (اسلات) در دهانه‌ی شیر قرار داده شده و شیر محفظه باز می‌گردد. هر ۱۰ ثانیه ۱۰psi فشار توسط کپسول گاز به محفظه وارد می‌شود. طی مدتی که گل درون ظرف مدرج وارد شده هرزروی یادداشت می‌شود. فشار وارد بر مخزن باید تا حدود اختلاف فشار هیدرواستاتیک سازند باشد. پس برای مشخص شدن عملکرد کامل ماده‌ی ضد هرزروی به‌طور مداوم هر ۱۰ دقیقه فشار بر محفظه وارد می‌شود تا مشخص گردد آیا ماده‌ی ضد هرزروی به کار رفته قدرت سد کردن درزه را برای مدت طولانی دارد یا خیر. پس از مشخص شدن مقدار هرزروی در صورت زیاد بودن هرزروی می‌توان مقداری ماده‌ی ضد هرزروی بدان اضافه و آزمایش را دوباره تکرار کرد. در غیر این صورت صفحه‌ی شکاف‌دار عوض می‌شود و با



۲ مقایسه‌ی هرزروی در صفحه‌ی شکاف‌دار ۰/۰۴ اینچ با ماده‌ی ضد هرزروی کربنات کلسیم

۷ | خواص گل پایه روغنی با نسبت وزنی گازوئیل به آب ۶۰ به ۴۰ با آب بدون نمک و افزایش زمان

خواص	بدون ژلتون	با اضافه کردن دو پوند ژلتون	بعد از حرارت دادن در دمای ۲۵۰°F	واحد
6000	۲۵	۴۱	۴۱	Sec ⁻¹
3000	۱۳	۲۶	۲۶	Sec ⁻¹
گرانروی پلاستیکی	۱۲	۱۵	۱۵	cp
نقطه‌ی واروی	۱	۱۱	۱۱	lb/100 ft ²
قدرت ژله‌شدن	۱/۲	۵/۶	۵/۶	10-sec/10-min
پایداری الکتریکی	۳۱۰	۳۴۸	۳۳۳	mV
وزن	۳۵/۵	۳۵/۵	۳۵/۵	gr
هرزروی آب			۷	cc

۸ | جلوگیری از هرزروی در صفحه‌ی شکاف‌دار ۰/۰۴ اینچ با ۳ پوند کربنات کلسیم

فشار (PSI)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
هرزروی (سانتی‌متر مکعب)	۵۰	۵۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰ (مسدود)

۹ | جلوگیری از هرزروی در صفحه‌ی شکاف‌دار ۰/۰۴ اینچ با ۵ پوند کربنات کلسیم

فشار (PSI)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
هرزروی (سانتی‌متر مکعب)	۰	۰	۵۰	۵۰	۱۰۰	۱۰۰ (مسدود)

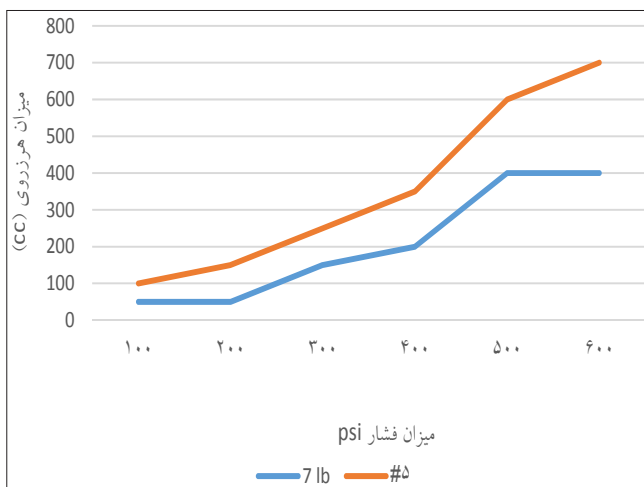
مسدود کرده و از هرزروی جلوگیری کند. با افزایش ۳ پوند کربنات کلسیم نه تنها از هرزروی کامل جلوگیری به عمل آمد بلکه هرزروی به ۱۵۰ سانتی متر مکعب کاهش یافت.

۴-۴- صفحه‌ی شکاف‌دار ۰/۱۲ اینچ

ابتدا ۱۰ پوند کربنات کلسیم به گل اضافه شد که پس از ۵۵۰ سانتی متر مکعب هرزروی توانست دهانه‌ی شکاف را مسدود کند. سپس مقدار ماده‌ی ضد هرزروی به ۱۵ پوند افزایش داده شد که هرزروی ۱۰۰ سانتی متر مکعب به دست آمد و این مقدار ماده‌ی ضد هرزروی به سرعت توانست دهانه‌ی صفحه‌ی شکاف‌دار را مسدود کند و این نشان داد که افزایش ۵ پوندی کربنات کلسیم می‌تواند مقدار هرزروی را ۴۵۰ سانتی متر مکعب کاهش دهد.

۴-۵- صفحه‌ی شکاف‌دار ۰/۱۳ اینچ

ابتدا ۱۵ پوند کربنات کلسیم وارد مخزن شد که طی ۱۰ دقیقه پس از اعمال فشار، هرزروی ۱۴۰۰ سانتی متر مکعب مشاهده شد و ماده‌ی ضد هرزروی نتوانست هرزروی شکاف را مسدود کند. سپس با افزایش ۵ پوند کربنات کلسیم مقدار هرزروی به ۱۵۰ سانتی متر مکعب کاهش یافت و مشخص شد که افزایش ۵ پوند کربنات کلسیم می‌تواند به مقدار زیادی از هرزروی گل حفاری جلوگیری کرده و آنرا به ۱۵۰ سانتی متر مکعب کاهش دهد.



۳ مقایسه‌ی هرزروی در صفحه‌ی شکاف‌دار ۰/۰۶ اینچ ماده‌ی ضد هرزروی کربنات کلسیم

جایگزینی صفحه‌ی شکاف‌دار دیگری با عرض شکاف بیشتر، آزمایش دوباره به همین روال انجام می‌گردد.

۴-۱- صفحه‌ی شکاف‌دار ۰/۰۴ اینچ

ابتدا ۳ پوند کربنات کلسیم به عنوان ماده‌ی ضد هرزروی به گل درون مخزن اضافه شد که توانست شکاف را مسدود و از هرزروی جلوگیری کند. سپس مقدار ماده‌ی ضد هرزروی به ۵ پوند افزایش یافت که هرزروی ۱۰۰ سانتی متر مکعب به دست آمد.

۴-۲- صفحه‌ی شکاف‌دار ۰/۰۶ اینچ

ابتدا با ۵ پوند کربنات کلسیم، هرزروی ۷۰۰ سانتی متر مکعب به دست آمد. سپس با افزایش ۲ پوند دیگر ماده‌ی ضد هرزروی، هرزروی ۵۰۰ سانتی متر مکعب به دست آمد. با اضافه کردن ۲ پوند کربنات کلسیم، هرزروی ۲۰۰ سانتی متر مکعب کاهش می‌یابد.

۴-۳- صفحه‌ی شکاف‌دار ۰/۰۸ اینچ

آزمایش با ۷ پوند کربنات کلسیم شروع شد که هرزروی کامل رخ داد و ماده‌ی ضد هرزروی نتوانست شکاف صفحه را مسدود کند. سپس ماده‌ی ضد هرزروی به ۱۰ پوند افزایش داده شد که توانست به خوبی شکاف را

۱۰ جلوگیری از هرزروی در صفحه‌ی شکاف‌دار ۰/۰۶ اینچ با ۵ پوند کربنات کلسیم

فشار (PSI)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
هرزروی (سانتی‌متر مکعب) (مسدود)	۱۰۰	۱۵۰	۲۵۰	۳۵۰	۶۰۰	۷۰۰

۱۱ جلوگیری از هرزروی در صفحه‌ی شکاف‌دار ۰/۰۶ اینچ با ۷ پوند کربنات کلسیم

فشار (PSI)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
هرزروی (سانتی‌متر مکعب) (مسدود)	۵۰	۵۰	۱۵۰	۲۰۰	۴۰۰	۵۰۰

۱۲ جلوگیری از هرزروی در صفحه‌ی شکاف‌دار ۰/۰۸ اینچ با ۷ پوند کربنات کلسیم

فشار (PSI)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
هرزروی (سانتی‌متر مکعب) (کامل)	۰	۲۰۰	۱۰۰۰	۱۵۵۰	۱۷۵۰	۱۷۵۰

۱۴ جلوگیری از هرزروی در صفحه‌ی شکاف‌دار ۰/۱۲ اینچ با ۱۰ پوند کربنات کلسیم

فشار (PSI)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
هرزروی (سانتی‌متر مکعب) (مسدود)	۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۲۵۰	۵۰۰	۵۵۰

۱۳ جلوگیری از هرزروی در صفحه‌ی شکاف‌دار ۰/۰۸ اینچ با ۱۰ پوند کربنات کلسیم

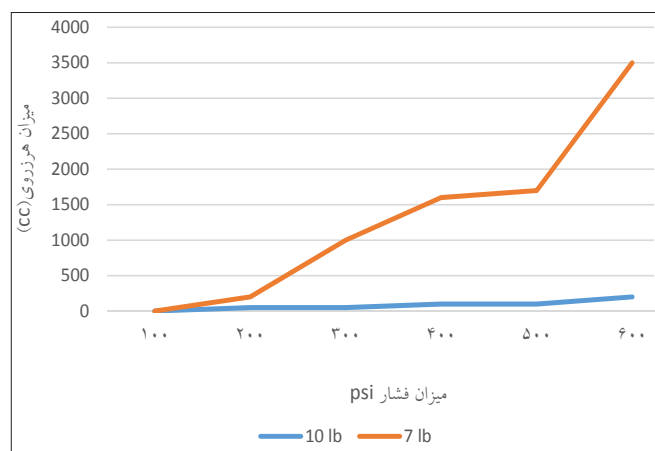
فشار (PSI)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
هرزروی (سانتی‌متر مکعب) (مسدود)	۰	۵۰	۵۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۵۰

۴-۶- در صفحه‌ی شکافدار ۰/۱۶ اینچ

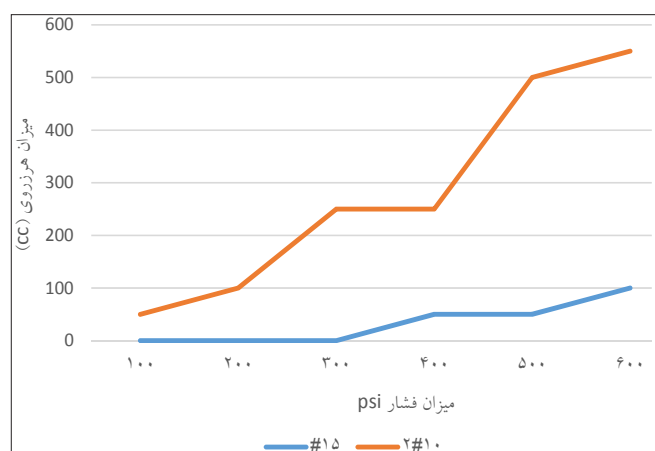
آزمایش با ۲۰ پوند کربنات کلسیم شروع شد که توانست دهانه‌ی شکاف ۰/۱۶ اینچی را با ۲۵۰ سانتی‌متر مکعب هرزروی مسدود کند. سپس مقدار ماده‌ی ضدهرزروی ۵ پوند افزایش یافت که مقدار هرزروی به ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب کاهش یافت. بنابراین با افزایش ۵ پوند کربنات کلسیم سبب کاهش ۱۵۰ سانتی‌متر مکعب هرزروی گل حفاری خواهد شد.

۴-۷- در صفحه‌ی شکافدار ۰/۲ اینچ

آزمایش با ۲۵ پوند ماده‌ی ضدهرزروی کربنات کلسیم شروع شد که نتوانست شکاف صفحه را مسدود کند و هرزروی ۴۵۰ سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد. سپس ماده‌ی ضدهرزروی به ۳۰ پوند افزایش یافت که نتوانست صفحه‌ی شکافدار را مسدود کند. بنابراین با افزایش ۵ پوند کربنات کلسیم، هرزروی ۳۰۰ سانتی‌متر مکعب کاهش یافت.



۴-۸- مقایسه‌ی هرزروی در صفحه‌ی شکافدار ۰/۸ اینچ با ماده‌ی ضدهرزروی کربنات کلسیم



۴-۹- مقایسه‌ی هرزروی در صفحه‌ی شکافدار ۰/۱۲ اینچ با ماده‌ی ضدهرزروی کربنات کلسیم

نتیجه‌گیری

با مشخص شدن خواص گل، هزینه‌ی تمام شده و موفقیت در پیشگیری از هرزروی، بهترین عملکردها برای سازند آسماری میدان مارون به شرح زیر است:

■ در سازند آسماری میدان مارون هرزروی گل حفاری پایه روغنی به دلایل گوناگون از جمله زیاد بودن فشار هیدرواستاتیک گل نسبت به فشار هیدرواستاتیک سیال سازند، وجود درزه‌ها و شکاف‌های طبیعی، تخلخل ۱۴ درصدی لایه‌های سازند و وجود ساختار غاری شکل در لایه‌های آهکی اتفاق می‌افتد.

■ با مشخص شدن زیاد بودن فشار هیدرواستاتیک گل نسبت به فشار هیدرواستاتیک سازند، برای کاهش این اختلاف فشار گل روغنی با نسبت گازوئیل به آب ۶۰ به ۴۰ ساخته شد که کاهش فشار هیدرواستاتیک گل را به‌همراه داشت و پیشنهاد می‌شود که در سازند آسماری میدان مارون با

۱۵ | جلوگیری از هرزروی در صفحه‌ی شکافدار ۰/۱۲ اینچ با ۱۵ پوند کربنات کلسیم

فشار (PSI)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
هرزروی (سانتی‌متر مکعب)	۰	۰	۰	۵۰	۵۰	۱۰۰ (مسدود)

۱۶ | جلوگیری از هرزروی در صفحه‌ی شکافدار ۰/۱۳ اینچ با ۱۵ پوند کربنات کلسیم

فشار (PSI)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
هرزروی (سانتی‌متر مکعب)	۰	۰	۲۵۰	۲۵۰	۱۳۰۰	۱۴۰۰

۱۷ | جلوگیری از هرزروی در صفحه‌ی شکافدار ۰/۱۳ اینچ با ۲۰ پوند کربنات کلسیم

فشار (PSI)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
هرزروی (سانتی‌متر مکعب)	۰	۰	۵۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۵۰ (مسدود)

۱۸ | جلوگیری از هرزروی در صفحه‌ی شکافدار ۰/۱۶ اینچ با ۲۰ پوند کربنات کلسیم

فشار (PSI)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
هرزروی (سانتی‌متر مکعب)	۰	۰	۵۰	۱۰۰	۱۰۰	۲۵۰ (مسدود)

۱۹ | جلوگیری از هرزروی در صفحه‌ی شکافدار ۰/۱۶ اینچ با ۲۵ پوند کربنات کلسیم

فشار (PSI)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
هرزروی (سانتی‌متر مکعب)	۰	۰	۵۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰ (مسدود)

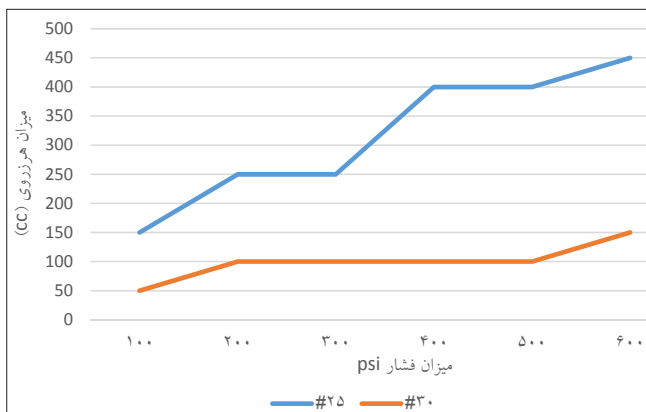
بودن گل روغنی با نسبت گازوئیل به آب ۶۰ به ۴۰ را تأیید می‌کند. ■ بررسی و نتایج آزمایش‌های هرزروی نشان داد که در سازند مخزن میدان مارون برای جلوگیری از هرزروی می‌توان از ماده‌ی ضدهرزروی کربنات کلسیم که نتایج مطلوبی دارد استفاده کرد. همچنین مشخص شد که این ماده به‌علت حالت دانه‌ای، می‌تواند درزه‌ها و شکاف‌های بزرگ‌تری را مسدود کند و هرزروی را به‌طرز محسوسی کاهش دهد. ■

۲۰ | جلوگیری از هرزروی در صفحه‌ی شکافدار ۰/۲ اینچ با ۲۵ پوند کربنات کلسیم

فشار (PSI)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
هرزروی (ساتی-متر مکعب)	۱۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۵۰

۲۱ | جلوگیری از هرزروی در صفحه‌ی شکافدار ۰/۲ اینچ با ۳۰ پوند کربنات کلسیم

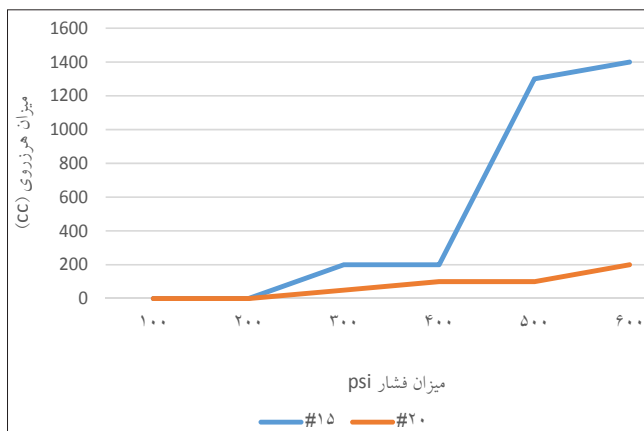
فشار (PSI)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
هرزروی (ساتی-متر مکعب)	۵۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۵۰ (مسدود)



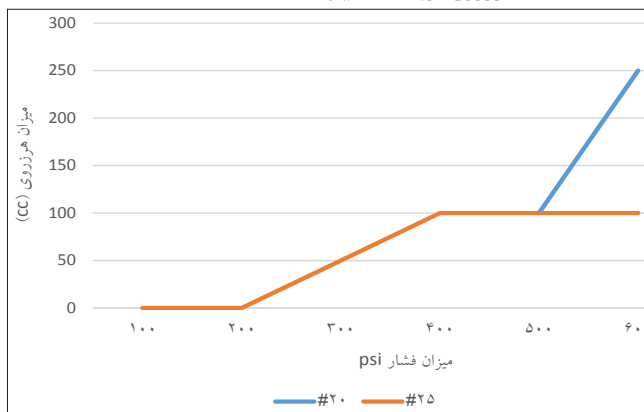
شکل ۸ | مقایسه‌ی هرزروی در صفحه‌ی شکافدار ۰/۲ اینچ با ماده‌ی ضدهرزروی کربنات کلسیم

در نظر گرفتن مناطق خطرناک از نظر وجود شیل و نمک از گل روغنی با نسبت گازوئیل به آب ۶۰ به ۴۰ بدون وجود آب‌نمک استفاده شود.

■ گل روغنی با نسبت گازوئیل به آب ۶۰ به ۴۰ نسبت به گل روغنی با نسبت گازوئیل به آب ۷۰ به ۳۰ هزینه‌ی ساخت کمتری دارد که اقتصادی



شکل ۶ | مقایسه‌ی هرزروی در صفحه‌ی شکافدار ۰/۱۳ اینچ با ماده‌ی ضدهرزروی کربنات کلسیم



شکل ۷ | مقایسه‌ی هرزروی در صفحه‌ی شکافدار ۰/۱۶ اینچ با ماده‌ی ضدهرزروی کربنات کلسیم

پانویس‌ها

1. Bridging Materialtester

2. Slat

منابع

[۵] مسعود نصیری، ایمان جعفری، ۱۳۹۴، بررسی علل هرزروی گل حفاری و متغیرهای مؤثر بر آن در یکی از میدان‌های گازی ایران، ماهنامه‌ی علمی-ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز / شماره‌ی ۱۲۸-۱۳۹۳

[۶] جهاد دانشگاهی کرج، پژوهشکده‌ی توسعه صنایع شیمیایی کرج، افزایه‌های سیمان حفاری، ۱۳۹۳

[۷] کیومرث طاهری، فرهاد محمد تراب، ۱۳۹۶، استفاده از روش کریجینگ شاخص در مدل‌سازی مناطق با هرزروی بحرانی در مخزن آسماری یکی از میدان‌های نفتی جنوب غرب ایران، مجله‌ی پژوهش نفت، دوره‌ی ۷-

[۱] بهمنی، حیدر، اصول مهندسی و عملیات کنترل فوران و مهار چاه‌های نفت و گاز تهران، پارک علم و فن آوری دانشگاه تهران، ۱۳۹۰

[۲] شهرام عزیزیان عیسی‌لو، ۱۳۸۵، بررسی هرزروی گل حفاری در چاه گردان-۲ ناحیه‌ی فارس، پنجمین کنفرانس دانشجویی مهندسی معدن

[۳] محمد رنجبر همقاوندی، ۱۳۹۲، بهینه‌سازی روش کنترل هرزروی در یکی از میدان‌های نفتی جنوب غرب ایران، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد

[۴] رحمت‌الله صبوری، ۱۳۹۱، مطالعه‌ی آزمایشگاهی بررسی تأثیر افزودنی نانو ذرات بر خواص گل حفاری، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد