

کنترل هرزروی سیالات حفاری در مخازن نفتی و گازی با استفاده از پوک‌های صنعتی و معدنی جدید

علیرضا نصیری^{۱*}، سیدحسین حجی‌آبادی^۲، محمد سلیمانی^۱

۱- تهران، پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشکده مهندسی نفت، پژوهش حفاری

۲- سبزوار، دانشگاه تربیت معلم سبزوار، دانشکده مهندسی نفت و پتروشیمی

پیام نگار: nasiriar@ripi.ir

چکیده

امروزه هرزرفت سیالات به درون سازندهای شکافدار، به چالشی بزرگ برای صنعت حفاری چاه‌های نفتی و گازی تبدیل شده است. هزینه‌های سنگین از قبیل از دست رفتن زمان حفاری، مصرف بی‌رویه مواد، تکنیک‌های بی‌ثمر کنترل، از دست دادن و متروکه شدن چاهها و مخازن، از جمله مشکلاتی هستند که ضرورت مقابله با این فرایندها را نشان می‌دهند. در این تحقیق، ضمن استفاده از مواد گرانولار جهت مقابله با این مشکل در سازندهای شکافدار، پارامترهای مؤثر بر کارایی این مواد در کنترل هرزروی از جمله غلظت و توزیع دانه‌بندی، مورد ارزیابی قرار گرفته است. آزمایش‌ها با پوک‌های صنعتی و معدنی با غلظت‌ها و توزیع دانه‌بندی مختلف انجام شد و پس از تجزیه و تحلیل نتایج، مشخص گردید که تشکیل پلاگ مناسب توسط ترکیبی از پوک‌های صنعتی با مقدار بهینه ذرات درشت‌تر که چارچوب اولیه‌ای را تشکیل داده و ذرات ریزتر که فضای خالی بین این چارچوب را پر نموده‌اند، حاصل شده است. همچنین اثبات کارایی مناسبتر مکانیزم مسدودسازی این مواد در مسدود نمودن حفرات و نیز سد ضعیف‌تر بوجود آمده از به‌کارگیری توسط پوک‌های معدنی، از دیگر نتایج این تحقیق می‌باشد.

کلمات کلیدی: هرزروی، سیالات حفاری، پوک‌های صنعتی، پوک‌های معدنی

۱- مقدمه

می‌کنند که دارای نفوذپذیری بیش از ۱۴ داری باشند. هرزروی جریان عمدتاً در حین بالا و یا پایین بردن لوله‌ها رخ می‌دهد. یعنی زمانی که به علت پایین فرستادن لوله‌های حفاری یا لوله‌های جداری، فشار تغییر می‌کند. قبل از وقوع هرزروی، سطح سیال حفاری ممکن است در دهلیز پایین رفته و در سطح مشخصی که بستگی به فشار سازند دارد ثابت بماند. هرزروی همواره باعث از دست رفتن هزینه‌های فراوان و بوجود

هرزروی جریان^۱ به عنوان جریان کنترل نشده گل حفاری به داخل یک سازند تعریف می‌شود. به عبارت دیگر گم شدن کل گل و یا بخشی از گل به سازندهای زیرسطحی شامل سازندهای غاری شکل، حفره‌ای، شکافدار و یا سازندهای شدیداً متخلخل را هرزروی جریان می‌نامند. این سازندها را به صورت سازندهای نامتراکم تعریف

1. Lost Circulation or Lost Returns

کرده‌اند. کاربرد این روش‌ها در برخی از چاه‌ها مؤثر بوده است ولی تاکنون به روشی که در تمامی موارد، عملی و موفقیت‌آمیز باشد ارائه نشده است.

سادول و همکارانش (۱۹۴۹) نوعی سنگ آتشفشانی پرلیت جیم‌شده^۶ را به منظور کنترل هرزروی مورد آزمایش قرار داده‌اند. این آزمایش‌ها در چاه‌هایی که دچار هرزروی در اعماق کم (۱۰۲۴ و ۱۲۴۴ فوت) بوده‌اند به انجام رسیده و از ادامه هرزروی جلوگیری شده است [۱]. کوکل (۱۹۸۴) سد بوجود آمده توسط این گونه مواد را به دلیل ساختار شکننده آن ضعیف و نامناسب می‌داند [۲].

تیلر و همکارانش (۱۹۷۴) ترکیبی از کاه^۷، فیبر چوبی^۸ و پوست فندق^۹ را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج این آزمایش‌ها بیانگر کارایی ضعیف این ترکیب در کنترل هرزروی مخازن شکافدار در فشارهای پایین (حداکثر ۲۰۰ psi) می‌باشد [۳].

مسنجر و همکارانش (۱۹۷۴) از یک محلول آبی شامل زغال سنگ و یک ماده آسفالتی (ژیلوسونیت)، استفاده نموده‌اند. تکنیک اصلی مورد استفاده در انجام این آزمایش‌ها جهت کاهش هرزروی، چسبیدن مواد آسفالتی به دیواره سازند و مسدود نمودن حفرات و شکاف‌ها در دما و فشار سازند می‌باشد [۴].

کوکل و همکارانش (۱۹۸۴) استفاده از پوک‌های صنعتی را در کنترل هرزروی سازندهای ماسه سنگی شکافدار مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق بیانگر کارایی و عملکرد مناسب پوک‌های صنعتی در سازندهای ماسه سنگی متخلخل شکافدار (با تخلخل کم) می‌باشد [۲].

علی پیه‌وری و همکارانش (۲۰۰۲) تأثیر ۲۴ نمونه از مواد مختلف را مورد آزمایش قرار داده و تأثیر نوع و توزیع دانه‌بندی مواد کاهنده هرزروی سیالات را بر عملکرد و کارایی آن‌ها مورد بررسی قرار داده‌اند. از نتایج مهم این تحقیق نسبت غیر مستقیم کاهش هرزروی و غلظت مواد است [۵].

کاجسون لی و همکارانش (۲۰۰۸) تأثیر متقابل سه عامل هرزروی سیال، نفوذپذیری سازند و مواد گرانیولار را با استفاده از نسبت برابری از گرافیت و پوست گردوی خردشده^{۱۰} در مسدود نمودن

آمدن مشکلات عدیده در حین حفاری چاه‌ها بوده است. از جمله این مشکلات می‌توان به مواردی از قبیل ناپایداری چاه‌ها^۱، گیر کردن لوله‌ها^۲ و حتی در موارد شدیدتر، به فوران‌های شدید اشاره کرد.

سازندهای غارمانند، حفره‌ای، شکافدار و یا شدیداً متخلخل دارای نفوذپذیری بالا، حفره‌های بزرگی هستند که قادر به پذیرفتن حجم قابل ملاحظه‌ای از سیال حفاری می‌باشند. اگر حفره‌ها و شکستگی‌ها بزرگ باشند مواد جامد موجود در سیال حفاری مانند رس‌ها، کنده‌های حفاری و غیره قادر به مسدود کردن آن‌ها نخواهند بود.

در حفره‌های سطحی هرزروی به علت گشاد شدن چاه^۳ است. نرخ زیاد حفاری منجر به تولید کنده‌های حفاری زیاد می‌شود که اگر به سرعت خارج نشوند باعث افزایش شدید در وزن گل و افزایش فشار هیدرواستاتیک می‌شوند. معمولاً نرخ پیشرفت حفاری را در حفره‌های سطحی به خاطر کاهش چگالی معادل چرخشی (ECD)^۴ در فضای آنالوس، انالوس، محدود می‌کنند، که در نتیجه آن، فشار دینامیکی وارد آمده بر سازند محدود می‌شود. از این رو کنترل دقیقی از خصوصیات گل برای تشخیص افزایش ناگهانی وزن گل مورد نیاز است.

در حفره‌های میانی اکثر مشکلات هرزروی در ارتباط با نواحی خالی شده‌ای است که فشار سازند در آنها به طور محسوس کمتر از سازند بالایی است. افزایش ناگهانی در فشار هیدرواستاتیک گل به دلیل اثرات موجی می‌تواند سازندهای ضعیف را بشکند و موجب هرزروی شود.

مطابق نظریه روجرز^۵ (۱۹۶۳) حداکثر مقدار مجاز هرزروی سیال حفاری، یک بشکه در ساعت است. این هرزروی می‌تواند در مخازن گل اندازه‌گیری شود.

هرزروی جریان به سازندهای شکافدار همواره به عنوان مشکلی جدی در صنعت نفت مطرح بوده است. افزایش هزینه‌ها و زمان از جمله دلایل اصلی تلاش محققان و متخصصان در جهت یافتن راه‌حلی مناسب برای کاهش عواقب هرزروی جریان بوده است. از اینرو مقالات متعددی درباره این موضوع نگاشته شده است که روش‌ها و مواد متنوعی را برای کاهش هرزروی سیالات پیشنهاد

6. Expanded Perlite
7. Straw
8. Wood Fiber
9. Nut hull
10. Crushed Nutshell

1. Wellbore Instability
2. Stuck Pipe
3. Wash Out
4. Equivalent Circulation Density
5. Rogers

محدود رخ دهد. استفاده از کربنات کلسیم در ترکیب با کربن گرافیتی انعطاف‌پذیر (RGC) در افزایش یکپارچگی سازند مؤثر است [7].

پومرلیو (۲۰۱۰) در ارتباط با افزودنی‌هایی برای کاهش هرزرفت سیال (پایه آبی و روغنی) و پایداری دیواره چاه بحث کرده است. موادی مثل سنگ پا^۵، باریم، دولومیت که اندازه ذرات آنها بین ۸۰ تا ۴۰۰۰ میکرون است [۸].

گرچه در سال‌های اخیر مقاوم‌سازی چاه‌ها به وسیله گل‌های دارای ذرات طراحی شده^۶ موفقیت‌های شگرفی را در برداشته است اما هنوز هم مجهولاتی در نظریه این فرایند وجود دارد که موفقیت کامل آن را تحت تأثیر قرار داده است.

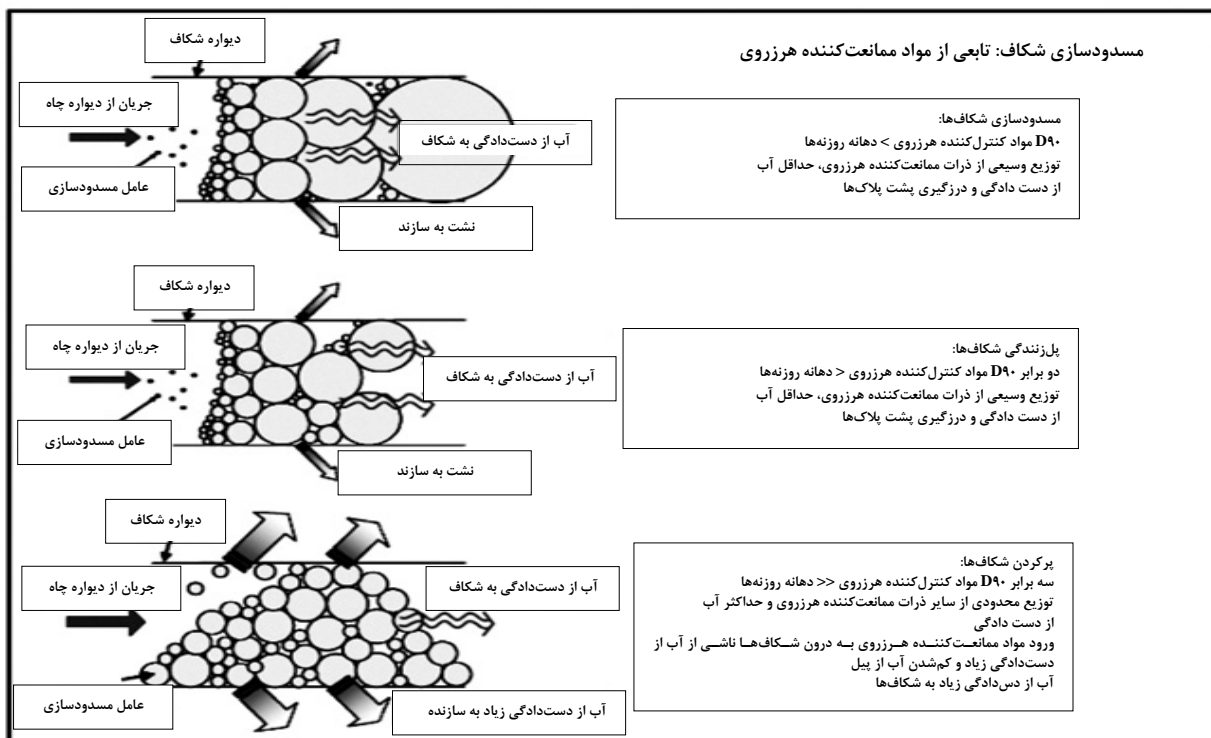
اهداف این مطالعه، بررسی تأثیر متقابل بین مواد و هرزروی سیالات در فرایندهای مسدود نمودن شکاف‌ها و نیز تعیین غلظت و توزیع دانه‌بندی مناسب پوک‌های معدنی و صنعتی جهت کنترل بهینه اتلاف گل حفاری است.

شکاف‌های سازند مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه حاکی از این است که مکانیزم مسدودسازی شکاف^۱ مناسب‌ترین سد کنترل هرزروی را ایجاد می‌کند. این فرایند نیازمند این است که ترکیب سیال حفاری حاوی ذراتی بزرگتر از دهانه شکاف باشد. علاوه بر این سد ایجاد شده به غلظت نسبی ذرات بزرگتر حساس است [۶].

عموماً مواد دانه‌ای (گرانولار) می‌توانند به سه مکانیزم متفاوت حفرات و شکاف‌های زود هرزرو را مسدود نمایند. این مکانیزم‌ها شامل مسدودسازی^۲، پل‌زدن^۳، پرکردن^۴ می‌باشند که شرایط لازم جهت تشکیل هریک از این مکانیزم‌ها در شکل (۱) نشان داده شده است.

به دلیل توزیع دانه‌بندی مناسب‌تر مواد در مکانیزم مسدودسازی، این مکانیزم به عنوان مناسب‌ترین مکانیزم جهت مسدود نمودن شکاف‌ها و حفرات شناخته شده است.

اریونش کامر و همکارانش (۲۰۱۰) بر طبق داده‌های آزمایشگاهی و تجارب میدانی نشان دادند که اگر یک ماده تک مثل کربنات کلسیم برای استحکام چاه به تنهایی استفاده شود ممکن است موفقیتی



شکل ۱- مکانیزم‌های مواد دانه‌بندی شده در مسدود نمودن شکاف‌ها [۶]

1. Fracture Plugging 2. Plugging 3. Bridging 4. Filling 5. Pumice 6. Particulate Treated Mud

۲- مواد و روش تحقیق

۱-۲ مواد

مواد مورد استفاده در این تحقیق شامل پوک‌های معدنی و پوک‌های صنعتی (لیکا) می‌باشد. پوک‌های معدنی موادی هستند که قسمت اعظم آن‌ها را فضای خالی تشکیل می‌دهد که از ماگمای اسیدی غنی از گاز بوجود می‌آیند. واژه لیکا، معرف دانه‌های رس منبسط شده‌ای است که در درجه حرارتی حدود ۱۲۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفته و به خاطر گازهای ایجاد شده دانه‌ها را منبسط می‌کند. با سرد شدن مواد، حباب‌های هوا به صورت فضاهای منفک باقی مانده و سطح آنها سخت می‌شود. دانه‌های لیکا دارای شکل تقریباً گرد و سطح زبر و ناهموارند.

در این تحقیق به منظور بررسی عملکرد این مواد و نیز ارزیابی مناسب‌تر کنترل هرزروی گل حفاری، سعی بر این شد که تا حد ممکن توزیع دانه‌بندی گسترده تری از مواد فراهم شده و هریک از مکانیزم‌ها (مسدودسازی، پل‌زدن، پرکردن) مورد بررسی دقیق‌تری قرار گیرد. به دلیل ساختار پوک‌های معدنی، پس از خرد کردن ۵ اندازه از این مواد تهیه شده که مشخصات آن‌ها در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات پوک‌های معدنی

پوک صنعتی	چگالی (kg/m^3)	اندازه (mm)
۱	۶۱۰	۰-۴
۲	۴۳۰	۴-۱۰
۳	۳۸۰	۱۰-۲۵
ریز	۶۱۰	۰-۱

پوک‌های صنعتی موجود در کشور دارای سه اندازه‌بندی بوده که مشخصات آن در جدول (۲) ارائه شده است. به دلیل ساختار ترد و خردشونده پوک‌های صنعتی این مواد در اثر خرد شدن، پودر می‌شوند و ماهیت متخلخل خود را از دست می‌دهند، بنابراین گسترش توزیع دانه‌بندی این ذرات با محدودیت مواجه می‌باشد. با این حال از این مواد در اندازه‌های کوچک‌تر دانه‌بندی‌شد، که در جدول (۱) با نام ریز آورده شده است.

جدول ۲- خصوصیات پوک‌های صنعتی

پوک معدنی	چگالی (kg/m^3)	اندازه (mm)
۱	۶۵۰	۰/۷۱
۲	۶۵۰	۱/۴۱
۳	۶۵۰	۲
۴	۶۵۰	۳/۳۶
۵	۶۵۰	۴/۷۶

۲-۲ دستگاه آزمایش

دستگاه مورد استفاده در این تحقیق دستگاه استاندارد BMT^۱ بود که در آزمایشگاه حفاری در پژوهشگاه صنعت نفت^۲ مستقر می‌باشد. این دستگاه در شکل (۲) نشان داده شده است. این دستگاه با استفاده از انواع گل و شبیه‌سازی منافذ و یا شکاف‌های موجود در چاه می‌تواند کارایی مواد درزبند را تحت اختلاف فشارهای مختلف بررسی نماید.



شکل ۲- عکسی از دستگاه BMT

این دستگاه دارای یک سیلندر به حجم سه و نیم لیتر است که توسط یک پیستون قادر است فشار اعمال‌شده توسط یک سیلندر گاز را بر روی بستری از گل اعمال نماید. از مخزن هوای فشرده به همراه تنظیم‌کننده و لوله ارتباطی جهت اعمال فشار و برقراری فشار بر ستون هیدروستاتیک گل در چاه که نسبت به سازند دارد، استفاده می‌شود. این مخزن همواره باید قادر به تأمین ۱۰۰ psi فشار بر روی پیستون بالای گل باشد.

1. Bridge Material Test Equipment
2. RIPI

۲-۳ روش تحقیق

غلظت‌های مختلف از پوک‌های صنعتی و معدنی با توزیع‌های دانه‌بندی مختلف را درون ۳/۵ لیترگلی که توانایی معلق‌سازی مناسب مواد را داشته باشد ریخته و پس از مخلوط شدن به درون دستگاه BMT منتقل می‌کنند. وزن گلی که با فرمولاسیون ۶٪ بنتونایت و 4 lb زانتان، به عنوان پیل مورد استفاده قرار گرفت ۶۸PCF بود. گرانیروی پلاستیکی آن ۵ cps، نقطه واروی آن $35(lb/100ft^2)$ ، در دمای ۲۵ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شده بود. اندازه شکاف مورد استفاده به عنوان مدل سازند شکافدار، ۰/۰۶ اینچ و فشار اعمال شده بر روی گل ۱۰۰ psi در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که به دلیل اینکه پیل موردنظر شبیه به سیال مورد استفاده در مناطق عملیاتی حفاری بوده است از این رو ساخت انواع فرمولاسیون‌ها و بررسی تأثیر رئولوژی جریان هرزروی در دستور آزمایشات قرار نگرفت. همچنین به منظور بررسی عملکرد و کارایی دو نوع L.C.M به کار گرفته شده نسبت به یکدیگر، فشار ثابت در نظر گرفته شده است، بدیهی است در شرایط عملیاتی باید L.C.M‌های مختلف را در شرایط چاه مورد ارزیابی قرار داد.

۳- بیان نتایج و تحلیل یافته‌ها

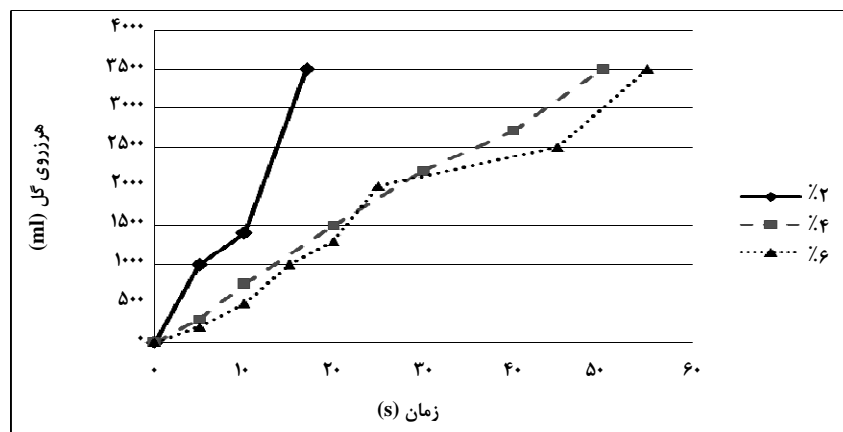
۳-۱ بررسی تأثیر پوک‌های صنعتی بر کنترل هرزروی سیال

حفاری

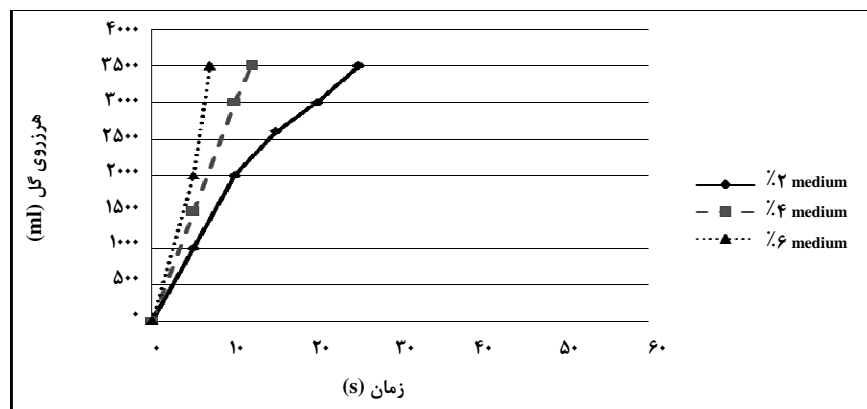
در ابتدا پوک‌های صنعتی را با غلظت‌های ۲، ۴ و ۶ درصد حجمی درون گل مخلوط کرده و هرزروی گل در زمانهای مختلف ثبت گردید. نتایج آزمایش‌های انجام شده برای پوک‌های ریز (شکل ۳)

بیانگر این مطلب است که با افزایش غلظت پوک‌های صنعتی ریز از ۲ درصد به ۴ درصد، افزایشی محسوس در کارایی سدکنندگی هرزروی مشاهده می‌شود، ولی با افزایش غلظت از ۴ درصد به ۶ درصد افزایش چشمگیری در کنترل هرزروی مشاهده نمی‌گردد. در مورد پوک‌های صنعتی متوسط (شکل ۴) برخلاف پوک‌های صنعتی ریز با افزایش غلظت، زمان خروج گل کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده آن است که سدی که در مقابل شکاف ایجاد شده است طی زمان، سریع‌تر تخریب می‌شود. این مطلب تاییدکننده نتایج تحقیقاتی علی‌په‌وری (۲۰۰۲) است. نتایج حاصل از تحقیقات وی بیانگر این مطلب است که نرخ کاهش هرزروی نسبت مستقیمی با افزایش غلظت مواد کنترل‌کننده هرزروی ندارد. با افزایش غلظت مواد کنترل‌کننده هرزروی تا غلظت معین، کارایی سدکنندگی هرزروی افزایش، و میزان هرزروی کاهش می‌یابد. با افزایش غلظت از این مقدار معین، میزان هرزروی افزایش می‌یابد و یا ثابت خواهد ماند.

بنابراین با توجه به مطالب ذکر شده، این غلظت معین برای پوک‌های صنعتی ریز حدوداً بین غلظت ۴ تا ۶ درصد می‌باشد. از سویی، افزایش بیش از حد مواد کنترل‌کننده هرزروی باعث تغییر خصوصیات گل و نیز مشکلاتی چون توپی شدن مته، افزایش مقاومت اصطکاکی در فضای آنالوس و نیاز به فشار پمپ بیشتر برای پمپاژ گل می‌شود و بنابراین بایستی در افزایش غلظت مواد، این نکته مد نظر قرار گیرد. به همین دلیل غلظت‌های بیشتر برای این مواد مورد استفاده قرار نگرفته است.



شکل ۳- تأثیر غلظت‌های مختلف از پوک‌های صنعتی ریز در کنترل هرزروی گل



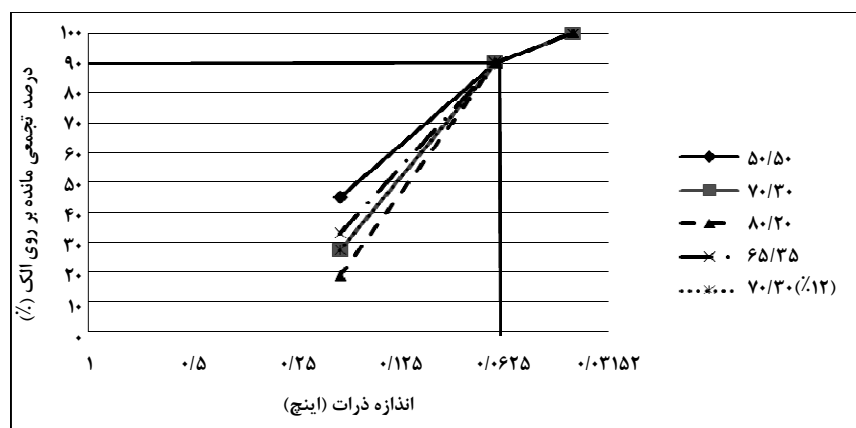
شکل ۴- تأثیر غلظت‌های مختلف از پوک‌های صنعتی متوسط در کنترل هرزروی گل

در مرحله سوم به منظور ارزیابی تأثیر توزیع مناسب دانه‌بندی ذرات بر کنترل هرزروی گل حفاری ترکیباتی از نسبت‌های مختلف ذرات مورد آزمایش قرار گرفتند، به گونه‌ای که شرایط مورد نیاز برای ایجاد مکانیزم مسدودسازی که بهترین و کارآمدترین مکانیزم شناخته شده کنترل هرزروی است، بررسی گردد.

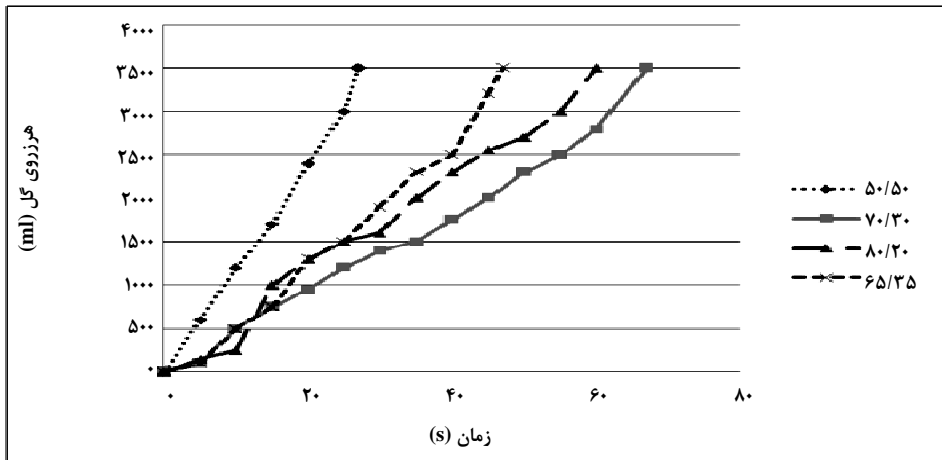
همانگونه که در شکل (۵) مشاهده می‌شود قطر D_{90} تمامی این ترکیبات معادل 0.0625 اینچ بوده که بزرگتر از اندازه شکاف (0.06) اینچ خروجی دستگاه می‌باشد، و بنابراین شرایط لازم برای ایجاد یک سد ممانعت‌کننده را دارا می‌باشند. نتایج حاصل از استفاده از این ترکیبات درون گل حفاری در شکل (۶) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت پوک صنعتی ریز به پوک متوسط تا نسبت $70:30$ کارایی کنترل سد ایجاد شده بهبود یافته است و با کاهش بیشتر غلظت پوک صنعتی متوسط $(80:20)$ مقاومت در برابر خروج گل کاهش یافته است.

همچنین این غلظت مشخص برای پوک صنعتی متوسط به دلیل نفوذپذیری بیشتر سد تشکیل شده توسط این مواد، ۲ درصد می‌باشد (استفاده از غلظت کمتر از ۲ درصد به دلیل حجم زیاد گل و چگالی کم پوک متوسط باعث کاهش مقدار مواد در گل شده و سبب کاهش احتمال قرارگیری مواد در پشت شکاف می‌گردد و بنابراین منطقی نمی‌باشد).

با مقایسه نمودارهای مربوط به پوک‌های صنعتی ریز و متوسط (شکل‌های (۳) و (۴)) مشاهده می‌شود که اندازه کوچکتر این مواد عملکرد بهتری در ایجاد سد کنترل‌کننده هرزروی دارا می‌باشند. دلیل این موضوع می‌تواند چگالی بیشتر پوک صنعتی ریز و تشکیل سوسپانسیون مناسبتر این مواد درون گل باشد. علاوه بر آن، به دلیل توزیع دانه‌بندی یکنواخت‌تر و درشت‌تر پوک‌های متوسط، نفوذپذیری و تخلخل سد ایجاد شده در برابر شکاف بیشتر شده و مقاومت در برابر خروج گل کمتر می‌شود.



شکل ۵- توزیع دانه‌بندی نسبت‌های ترکیبی از پوک‌های صنعتی ریز و درشت



شکل ۶- کارایی نسبت‌های ترکیبی پوک‌های صنعتی ریز و درشت در کنترل هرزروی گل

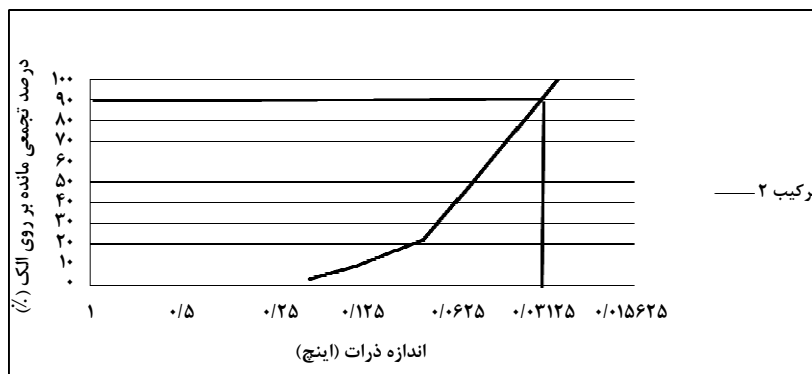
نظر گرفته شده است.

این مطلب بیانگر این است که درصدی از پوک‌های صنعتی متوسط به منظور ایجاد چارچوبی محکم در برابر سد و نیز درصدی از پوک‌های ریزتر به منظور پرکردن فضای خالی میان این چارچوب مورد نیاز بوده و باعث افزایش کارایی سد ممانعت‌کننده از خروج سیال حفاری می‌شود. کاهش درصد پوک متوسط می‌تواند باعث عدم تشکیل چارچوب مناسب، و افزایش غلظت آن می‌تواند باعث افزایش بیش از حد نفوذپذیری و عدم توانایی پوک‌های ریزتر جهت پرکردن فضای خالی میان این چارچوب شود. این نتایج بیانگر این مطلب است که ترکیبی از ۷۰ درصد از پوک‌های صنعتی ریز و خیلی ریز و ۳۰ درصد از پوک‌های متوسط بهترین کارایی را در کنترل هرزروی و ایجاد سد مقاوم‌تر در برابر شکاف داشته است. بنابراین، این ترکیب به عنوان بهترین شرایط موجود برای این ذرات در

۲-۳ بررسی تأثیر پوک‌های معدنی بر کنترل هرزروی سیال با توجه به شکل (۷)، مقدار D_{90} ترکیب (الف) بیش از ۰/۰۶ اینچ (سایزدرشت) می‌باشد، بنابراین انتظار می‌رود در این ترکیب مکانیزم مسدودسازی مناسب رخ داده باشد. همچنین با توجه به شکل (۸)، مقدار D_{90} ترکیب ب حدوداً برابر با ۰/۰۳ اینچ است. از آن جا که شرط لازم برای ایجاد مکانیزم مسدودسازی به شکلی است که اندازه دهانه شکاف، بیش از ۲ برابر D_{90} مواد کنترل‌کننده هرزروی می‌باشد، لذا ترکیب (ب) شرایط لازم را برای ایجاد مکانیزم پل‌زندگی فراهم می‌آورد.



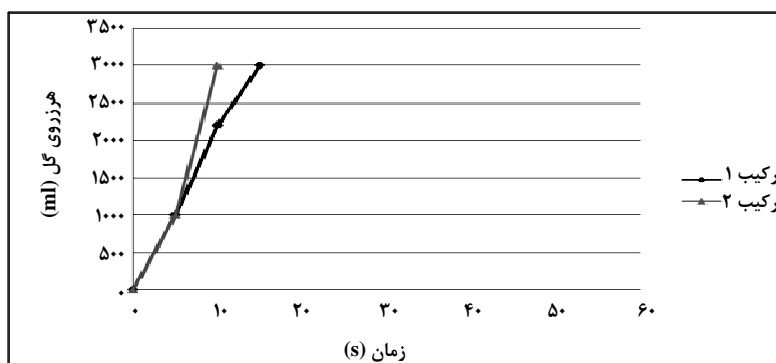
شکل ۷- توزیع دانه‌بندی ترکیب پوک‌های معدنی



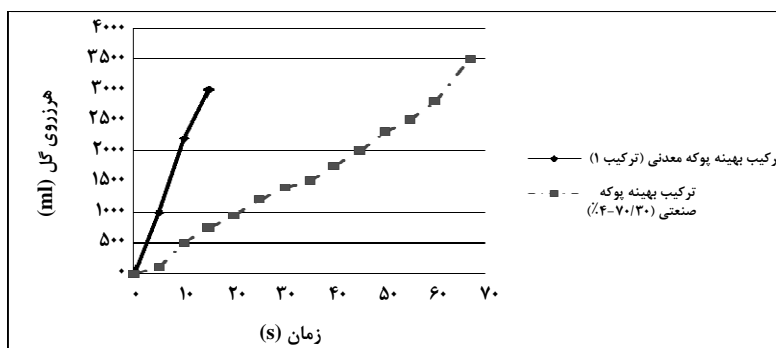
شکل ۸- توزیع دانه‌بندی ترکیب پوک‌های معدنی

به هم مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود ترکیب بهینه پوک صنعتی توانسته است سد مقاوم‌تری را در برابر هرزروی سیالات در مقایسه با کارایی ضعیف پوک‌های معدنی در کنترل هرزروی سیالات ایجاد نماید که تأییدی بر نتایج بدست آمده توسط اسادول^۱ و گوگل^۲ است.

همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، مکانیزم مسدودسازی، سد مقاومتری را نسبت به مکانیزم پل‌زندگی در برابر شکاف ایجاد می‌نماید. بنابراین انتظار می‌رود که ترکیب (الف) کارایی مناسبتری را در مقایسه با ترکیب (ب) در کنترل هرزروی ایجاد نماید. شکل (۹) درستی این ادعا را تأیید می‌کند. در شکل (۱۰) عملکرد پوک‌های معدنی و پوک‌های صنعتی نسبت



شکل ۹- کارایی نسبت‌های ترکیبی مختلف پوک‌های معدنی در کنترل هرزروی گل



شکل ۱۰- مقایسه عملکرد ترکیب بهینه پوک‌های صنعتی و پوک‌های معدنی در کنترل هرزروی گل

1. Sidwell

2. Gockel

۴- نتیجه گیری و بحث

با توجه به مطالب ارائه شده می توان نتایج بدست آمده را به صورت زیر جمع بندی کرد:

۱- افزایش غلظت مواد کنترل کننده هرزروی تا غلظت معین، توانسته است باعث بهبود کارایی کنترل هرزروی شود و پس از این، غلظت کارایی انسداد کاهش می یابد و یا ثابت خواهد ماند. این غلظت بهینه برای پوکه صنعتی ریز حدوداً ۶ درصد و برای پوکه صنعتی متوسط ۲ درصد می باشد. استفاده از غلظت های بیشتر به دلیل تغییر خصوصیات گل و مشکلات عملیاتی قابل استفاده نمی باشد.

۲- عملکرد پوکه صنعتی با اندازه متوسط به دلیل عدم توزیع مناسب نسبت به ذرات ریز در کنترل هرزروی ضعیف تر شده است که با افزایش غلظت این روند تشدید می گردد.

۳- ترکیبی از پوکه های صنعتی با غلظت ۴ درصد و با نسبت ۷۰ درصد پوکه ریز و ۳۰ درصد پوکه متوسط، بهترین کارایی را در کنترل هرزروی نشان می دهد (شرایط مکانیزم مسدودسازی در این ترکیب بایستی رعایت شود).

۴- کارایی مناسب تر ترکیب (الف) پوکه های معدنی تأییدی بر این مطلب است که مکانیزم مسدودسازی کارایی مناسبتری در کنترل هرزروی به وسیله مواد دانه بندی شده می باشد.

۵- در شرایط یکسان سد ایجاد شده توسط پوکه های معدنی ضعیف تر از سدی است که پوکه صنعتی ایجاد می نماید.

علائم و نشانه ها

Av: گرانروی ظاهری

Pv: گرانروی پلاستیکی

Yp: نقطه واری

Fl: افت صافی

ECD: چگالی معادل گردشی گل

LCM: هرزروی گردشی

BMT: دستگاه بررسی آزمون پل زندگی مواد

مراجع

- [1] Carroll, V., Sidwell, T., "Well Drilling", US Patent, 2561075, July 17, (1951).
- [2] Judith, G., Baldswelle, T., "Lost Circulation drilling fluid", US Patent, 4460052, Jul. 17, (1984).
- [3] James, B., Tayler, C., "Process For Plugging Formation", US patent, 3788405, Jan. 29, (1974).
- [4] Joseph, U., "Lost Circulation Control", US Patent, 3788406, Jan. 29, (1974).
- [5] Pilehvari, A., Venkata, R., "effect of Material Type and Size Distribution on Performance of Loss/Seepage Control Material", SPE 73791, (2002).
- [6] Kaageson-Loe, N., Sanders, M. W., Sanders, F., Growcock, K., Horsrud, P., Singelstad, A.V., Omland, T. H., "Particulate-Based Loss-Prevention Material-The Secrets of Fracture Sealing Revealed", IADC/SPE 12595, (2008).
- [7] Arunesh, K., "wellbore strengthening: the less studied properties of lost circulation material", Sep., (2010).
- [8] Daniel, G., "Composition and methods for inhibiting lost circulation during well operations", US Patent, 230169, (2010).
- [9] Bariod Testing Equipment, "Bridging Materials for Regaining Circulation", www.Bariod.com. (1988).