

مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو • گزارش شماره ۱۰

کاربردهای فناوری نانودر گل‌حفاری

سال انتشار: ۱۳۹۳

ویرایش نخست



ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
کارگروه صنعت و بازارطراحی و اجرا: توسعه فناوری مهر ویشن
تهیه کننده: ایده سازان عصر آفتاب

تلفن:

۰۲۱-۶۳۱۰۰

نمابر:

۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰

پایگاه اینترنتی: nanoindustry.ir

پست الکترونیک: im@nano.ir

صندوق پستی: ۱۴۵۶۵-۳۴۴

فصل اول: شناسنامه فنی گل حفاری

سیال حفاری	۴
انواع سیالات حفاری	۴
افزودنی های گل حفاری	۶
نانوافزودنی های گل حفاری	۷
کنترل هرزروی سیال و پایداری چاه	۸
جلوگیری از گل گرفتگی مته	۱۰
کاهش گشتاور پیچشی و نیروی پسا	۱۰
حذف گازهای سمی	۱۱
مقابله با چالش دما و فشار بالای مخزن	۱۱
کنترل دانسیته (وزن) گل حفاری	۱۲
دیگر کاربردها	۱۲
مراجع	۱۴

فصل دوم: بررسی و تحلیل منابع انتشار یافته

استراتژی جستجو	۱۶
گام اول: شناخت ادبیات موضوع و تهیه شناسه فنی	۱۶
گام دوم: جستجوی مقالات (SPE و غیر SPE)	۱۶
گام سوم: جستجوی پتنت ها	۱۶
نتایج جستجوی پتنت ها و مقالات	۱۷
تحلیل اطلاعات به دست آمده	۱۷
تفکیک داده ها بر اساس نوع منبع انتشار	۱۸
بررسی روند زمانی انتشار پتنت ها / مقاله ها	۱۸
شناسایی کشورهای فعال	۱۹
معرفی انواع نانو افزودنی های گل حفاری	۲۰
بررسی آماری انواع نانو افزودنی های گل حفاری	۲۶
شناسایی محیط رقبا: شرکت ها	۲۷
شناسایی محیط رقبا: مراکز پژوهشی و دانشگاه ها	۲۸
معرفی رقبای فعال	۲۹
پی نوشت ها	۳۵

فصل اول: شناسنامه فنی گل حفاری

سیال حفاری^۱



حفاری یک فرایند تعیین کننده برای بازیابی مواد مهم زیر زمینی است. حفاری می‌تواند برای بازیابی نفت، فلزات گران‌بها، آب و دیگر منابع طبیعی استفاده شود. به دلیل بالا بودن هزینه‌ها در اکتشافات زیرزمینی، بسیار ضروری است که چاه مورد نظر از لحاظ قابلیت سوددهی تجاری برآورد شود [۱].

اکتشاف و استخراج ذخایر معدنی مانند نفت و گاز و حتی آب و دیگر مواد غیر آلی، اغلب با ایجاد چاه‌هایی^۲ با استفاده از مته‌های دوار همراه است. سنگ‌ریزه‌های حاصل از حفاری، به طور پیوسته

از درون چاه بیرون برده می‌شود. در چاه‌های با عمق کم (کمتر از چند صد فوت)، خارج کردن سنگ‌ها با تزریق گاز تحت فشار از طریق یک میله حفاری تو خالی انجام می‌شود. سنگ‌ریزه‌ها از راه فضای میان لوله حفاری و چاه خارج می‌شود. در چاه‌های عمیق از یک مایع برای خارج کردن سنگ‌ریزه‌ها استفاده می‌شود. این مایعات را در اصطلاح سیالات حفاری و یا گل حفاری^۳ گویند [۲].

انواع سیالات حفاری

سیالات حفاری نوعاً براساس سیال پایه تشکیل دهنده آن به سه دسته اصلی گل‌های پایه آبی^۴، گل‌های پایه روغنی^۵ و گل‌های سنتزی^۶ تقسیم بندی می‌شود.

در گل‌های پایه آبی، آب به صورت فاز پیوسته و روغن به صورت امولسیون (فاز پراکنده) حضور دارد، این در حالی است که ذرات جامد در آب به صورت سوسپانسیون در می‌آید. سیالات حفاری شورابه‌ای^۷ در واقع نوعی از سیالات حفاری پایه آبی است که در آن به جای آب از شورابه استفاده می‌شود [۳].

در گل‌های حفاری پایه روغنی رفتار فازها عکس سیالات پایه آبی است. به این صورت که در اینجا روغن فاز پیوسته و آب یا شورابه به صورت امولسیون (فاز پراکنده) ظاهر می‌شود. در این دسته از سیالات، ذرات جامد در روغن به صورت سوسپانسیون در می‌آید. گل‌های پایه روغنی می‌توانند هر گونه از ماکروامولسیون‌های پایه روغنی یا آب-در-روغن^۸ باشد که به آن امولسیون‌های معکوس نیز گفته می‌شود. در این گونه از سیالات حفاری، روغن می‌تواند شامل دیزل، روغن‌های معدنی، استرها یا آلفا-اولفین‌ها باشد.

البته دسته‌ای دیگر از سیالات حفاری با نام گل حفاری پایه سنتزی نیز وجود دارد که در آن از روغن‌های سنتزی استفاده می‌شود و نوعی امولسیون آب-در-روغن محسوب می‌شود [۳].

بدیهی است که انتخاب نوع سیال حفاری برای اکتشاف گاز یا نفت بستگی به این دارد که سیال مورد نظر بتواند به خوبی خواص مورد نیاز برای کاربرد نهایی مدنظر را فراهم آورد. از آنجا که سیال حفاری باید بتواند به طور همزمان چند وظیفه را در عملیات حفاری انجام دهد، انتخاب سیال حفاری مناسب، کار چندان آسانی نیست [۳].

در حفاری دوار، عملکردها و ویژگی‌های مختلفی از سیالات حفاری انتظار می‌رود. سیال حفاری باید سنگریزه‌ها و مواد حاصل از حفاری را از زیر مته خارج کرده و با عبور از فضای خالی میان لوله و چاه آنها را تا سطح چاه حمل نماید و همزمان موجب تمیز شدن مته و خنک شدن آن شود. یک گل حفاری باید بتواند موجب کاهش اصطکاک میان ادوات حفاری و دیواره چاه شده و پایداری بخش‌های لوله‌گذاری نشده چاه را نیز حفظ نماید [۳].

وظایف اصلی سیال حفاری خروج سنگ‌ریزه‌ها و مواد حاصل از حفاری از چاه تا سطح چاه، تمیزکاری و خنک کردن مته، کاهش اصطکاک میان ادوات حفاری و دیواره چاه و پایداری بخش‌های لوله‌گذاری نشده چاه است.

سیال حفاری به نحوی فرموله می‌شود که از یکسو مانع از تراوش سیالات سازندی از درون سنگ‌های تراوا شود و از طرف دیگر بتواند یک فیلتر کیک نازک تراوا تشکیل دهد که موقتاً موجب مسدود شدن منافذ سازند شود. سیالات حفاری ممکن است برای جمع‌آوری و تفسیر اطلاعات به دست آمده از سنگ‌ریزه‌های حفاری، پرزها و نمودارهای الکتریکی به کار گرفته شود [۳]. به طور کلی می‌توان گفت وظایف اصلی سیال حفاری عبارتند از:

■ خارج کردن سنگ‌ریزه از زیر مته که نیازمند افت فشار بسیار زیاد است. ۵۰ درصد فشار پمپ برای تامین این هدف مهم صرف می‌شود [۴].

■ انتقال سنگ‌ریزه‌ها از پایین چاه به سطح، که ۵۰ درصد فشار پمپ نیز برای غلبه بر اصطکاک عبوری از رشته لوله‌های حفاری و نیز عبور از فضای میان لوله و جداره چاه صرف می‌شود. ویسکوزیته سیالات حفاری یک پارامتر ثابت برای سیال حفاری نیست چرا که مقدار آن با تنش برشی ناشی از پمپاژ گل تغییر می‌کند. ویسکوزیته گل در نرخ جریان پایین پمپ، مقدار بالایی دارد اما با افزایش نرخ جریان پمپ، مقدار این ویسکوزیته کاهش می‌یابد [۴].

■ حفظ پایداری چاه، این وظیفه خود شامل حفظ پایداری شیمیایی، پایداری مکانیکی و کنترل فیلتراسیون است [۴].

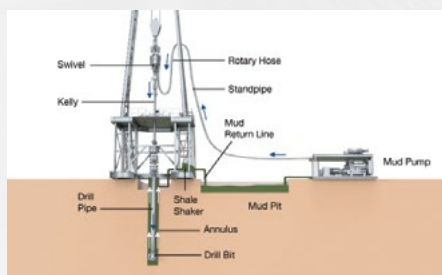
دیگر وظایف گل حفاری عبارتست از:

■ خنک کردن و روانکاری مته و لوله‌های حفاری [۴]

■ پیشگیری از هرزروی گل به درون شکاف‌های چاه [۴]

■ آوردن اطلاعات از پایین چاه به سطح چاه [۴]

افزودنی‌های گل حفاری



گرچه سیالات حفاری مزایای زیادی برای فرآیند حفاری دارند، اما فشار بالای سیالات حفاری امکان هجوم این سیالات را به درون سازندهای سنگی تراوا فراهم می‌کند. این تراوایی مطلوب نیست چرا که موجب نفوذ سیال حفاری به درون سازند شده و کاهش تولید را به همراه دارد. بدین منظور اغلب، به

سیالات حفاری موادی افزوده می‌شود تا با تشکیل فیلتر کیکی^۹ ناتراوا -نسبت به سیالات حفاری- منافذ سازند را مسدود سازد [۲].

فیلتر کیک‌ها در واقع باقیمانده‌های ته‌نشین شده گل حفاری روی سطح سازند هستند. خواص فیلتر کیک مانند ضخامت، سختی، یکدست بودن و تراوایی کیک بسیار مهم‌اند چرا که تشکیل یک کیک نامناسب می‌تواند مشکلات زیادی را در حفاری به وجود آورد [۳]. معمولاً افزودنی‌هایی چون بنتونیت، سلولز، پلیمرها، آسفالت، GILSONIT[®] و کربنات کلسیم برای بهبود خواص فیلتر کیک به گل حفاری اضافه می‌شوند [۲]. گاه میزان پایین تولید نفت یا گاز می‌تواند در نتیجه تشکیل یک فیلتر کیک ضعیف باشد. در چنین شرایطی لازم است که فیلتر کیک نسبت به سیال حفاری کاملاً ناتراوا باشد [۳]. از طرفی، فیلتر کیک ضخیم نیز موجب تنگ شدن فضای بین لوله و چاه -که مسیر عبور سیال حفاری است- می‌شود [۲]. مشکل دیگر، وقتی اتفاق می‌افتد که فیلتر کیک تشکیل شده نتواند مانع نفوذ سیال حفاری به درون سازندهای سنگی با تراوایی بالا شود. در چنین شرایطی، جریان سریع سیال حفاری به درون این نوع سازندها موجب گیر کردن لوله حفاری می‌شود که در اصطلاح به آن (گیر کردن لوله)^{۱۰} گویند [۲]. افزودنی‌هایی مانند باریت^{۱۱} اغلب برای افزایش دانسیته به سیالات حفاری اضافه می‌شوند تا در اعماق چاه فشار هیدرواستاتیکی لازم فراهم شود. افزایش دانسیته گل حفاری از یک طرف مانع نفوذ سیالات از سازند به درون چاه می‌گردد و از طرفی دیگر، مانع تخریب چاه در اثر فشار بسیار بالای حین حفاری می‌شود [۲]. خاک رس و پلیمرها نیز نقش بسیار مهمی در کنترل ویسکوزیته سیال حفاری دارند. هم‌چنین، خاک رس نقشی محوری در پایداری چاه دارد [۴].

مهمترین وظایف افزودنی‌های مرسوم گل حفاری عبارتند از:
بهبود خواص مکانیکی و رئولوژیکی گل، بهبود خواص فیلتر
کیک، افزایش پایداری چاه، جلوگیری از تخریب سازند و
افزایش دانسیته



اگر چه بنتونیت^{۱۲} و مواد مشابه آن، موجب کاهش تراوایی سازندهای سنگی می شود، با این حال فیلتر کیک به طور کامل نسبت به سیال حفاری ناتراوا نیست، لذا می تواند مشکلات فراوانی در سازند به وجود آورد. به عنوان مثال، نفوذ آب می تواند منجر به متورم شدن سازندهای خاک رسی و در نتیجه کاهش تولید شود. علاوه بر این، وقتی سیال حفاری به درون سنگ نفوذ می کند، سیال اولیه (نفت یا گاز) در سنگ جابجا می شود. در نتیجه وقتی پتانسیل تولید با استفاده از ابزار پایش ارزیابی می شود، احتمال دارد که منطقه پیش بینی شده برای تولید - در اثر این جابجایی - از دست برود [۲]. علاوه بر افزودنی هایی که موجب بهبود ویسکوزیته

و کنترل رئولوژی سیال حفاری می شود، افزودنی های دیگری نیز برای بهبود کارکرد سیال حفاری به کار می رود که در گزارش های World Oil (شماره های جولای ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۲) ۵۰۰۰ نوع از افزودنی های مختلف نیز ذکر شده است [۴].

یک طرح شناسایی منابع زیر زمینی نوعا نیازمند استفاده از شناساگری^{۱۳} است که با ماده شیمیایی مورد نظر (آنالیت) برهمکنش دهد به طوری که بتوان با یکسری تکنیک های آنالیز، این آنالیت را شناسایی کرد. این شناساگرها، ترکیبات خاصی هستند که معمولا شامل رنگ های آلی، آنتی بادی های فلورسنت، رادیوایزوتوپ ها و نانوذرات هستند که به گل حفاری اضافه می شوند. چالشی که طرح های شناسایی فعلی با آن مواجهند مدت زمان مورد نیاز برای آنالیز ترکیبات شیمیایی موجود در یک چاه است که معمولا بین چندین روز تا چندین هفته طول می کشد [۱].

در مجموع، توسعه سیالات حفاری با خواص بهبود یافته که بتواند به طور کامل یا به مقدار قابل توجهی از نفوذ سیالات حفاری به درون سازندهای سنگی بکاهد بسیار ضروری است. این گونه از سیالات حفاری، ضمن ارقای عملیات حفاری سبب کاهش تخریب سازند، تولید فیلتر کیک هایی با ضخامت مناسب، کاهش هرزروی سیال، حفظ فشار اولیه سازند، کاهش فرسایش ادوات حفاری و نیز کاهش مشکل گیر کردن لوله می شوند [۲].

نانوافزودنی های گل حفاری

سیال حفاری پایه نانویی، سیالی است که حداقل یک نانوافزودنی با اندازه ذرات ۱۰۰-۱ نانومتر داشته باشد. هدف نهایی استفاده از نانومواد در گل حفاری، کاهش هزینه کلی گل از طریق کاهش مصرف مواد و محتوای گل حفاری و نیز بهبود خواص گل است [۵].

سیال حفاری نانویی با افزودن نانوذرات در نسبت‌های حجمی پایین به سیال پایه تهیه می‌شود. با افزودن این نانوذرات خواص سیال پایه نظیر دانسیته، ویسکوزیته و پایداری حرارتی آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بنابراین سیال حفاری ارتقا یافته با نانوذرات دارای خواص رئولوژیکی مطلوب، کنترل مطلوب ظرفیت صافاب، پایداری بسیار خوب سوسپانسیون، روان‌سازی خوب و قدرت ضد آلودگی بالا است. در نتیجه سیال حفاری ارتقا یافته موجب بهبود فناوری سیال حفاری و پاسخگوی نیازهای عملیات حفاری در شرایط پیچیده است [۵]. کارکردهای اصلی نانوافزودنی‌های گل حفاری عبارتند از:

هدف نهایی استفاده از نانومواد در گل حفاری، کاهش هزینه کلی گل از طریق کاهش مصرف مواد و محتوای گل حفاری و نیز بهبود خواص گل است.

■ کنترل هرزروی سیال^{۱۶} و پایداری چاه^{۱۷}

حفظ پایداری چاه اهمیت بسیار زیادی در عملیات حفاری دارد. اما اغلب سیالات حفاری پایه آبی

به راحتی به درون سازند شیل^{۱۸} نفوذ می‌کند که موجب پیدایش مشکلاتی چون ناپایداری چاه^{۱۹}، تخریب دیواره چاه^{۲۰}، چین-خوردگی لوله جداری و چسبیدگی لوله می‌شود. علت آن است که ذراتی که معمولاً در سیال حفاری به کار می‌روند آن قدر بزرگ‌اند که نمی‌توانند منافذ نانومتری شیل را کاملاً پر کنند [۷]. هم‌چنین، برای



توسعه مخزن باید تا حد ممکن از مخزن نفت و گاز محافظت کرد و از تخریب سازند جلوگیری نمود. بنابراین استفاده از فناوری‌های مناسب برای حفظ مخزن جهت افزایش ظرفیت تولید ضروری است. در حال حاضر دو روش موثر برای استفاده از نانوذرات در حفظ مخزن وجود دارد [۷]:

■ **روش اول:** نانوذرات با ایجاد فیلمی بدون درز و آب‌بندی‌شده درون شکاف‌ها و منافذ سنگ‌ها، نقش مثبتی در جلوگیری از تخریب سازند و حفاظت مخزن دارد.

■ **روش دوم:** افزودن نانوذرات مناسب به سیالات حفاری، سیال حاصل می‌تواند کیک‌ی با تراوایی پایین روی جداره لوله جداری تشکیل دهد و به این ترتیب موجب کاهش آلودگی مخزن به سیالات حفاری شود.

تاکنون تلاش‌های فراوانی روی به کارگیری نانوذرات به عنوان نانوافزودنی گل حفاری به منظور کاهش



هرزروی سیال و نیز تقویت پایداری چاه انجام گرفته است [۶].

بررسی دو نوع نانوذره مختلف ۵ nm و ۲۰ nm نشان داد که نانوذرات ۲۰ نانومتری بهتر از نانوذرات ۵ نانومتری موجب مسدودسازی منافذ مخزن می گردند. مطالعات نشان می دهد که اندازه نانوذرات نباید بزرگتر از یک سوم اندازه گلوگاه منافذ باشد تا بتواند منافذ را مسدود سازد. هم چنین، افزایش غلظت نانوذرات به طور قابل

توجهی بهبود پایداری مخزن را به همراه دارد [۶].

یک ژل نانو کامپوزیتی آلی/غیرآلی برای حل مشکل هرزروی ناشی از گردش سیال سنتز شده است. این ژل نانو کامپوزیتی، دارای خواص ویسکو-الاستیک عالی، قدرت ژل بالا و پایداری خوب در شورابه است. این ژل نانو کامپوزیتی قادر است به درون درزها و شکاف های سازند پمپ شده و گستره وسیعی از شکاف ها را مسدود سازد [۷].

گونه جدیدی از پلیمر نامحلول نانومتری تهیه شد که می تواند به درون درزها نفوذ کرده و روی سطح بنشیند و یک کیک گلی با تراوایی پایین شکل دهد. این کیک قادر است تا فشار دیفرانسیلی میان فشار استاتیکی گل و فشار درزهای اطراف سطح جداره چاه را کاهش داده و از چسبندگی دیفرانسیلی پیشگیری نماید. افزون بر این، این ماده در شرایط با شورابگی بالا پایدار بوده و نیز دوسندار محیط زیست است. این پلیمر با قابلیت تغییر شکل، قادر است با مسدودسازی میکرو شکاف ها و گلوگاه های منافذ شیل موجب کاهش نفوذ سیال به درون سازند گردد، از انتقال فشار بکاهد و از فروپاشی لوله جداره پیشگیری نماید [۷].

نوع جدیدی از ذرات نانو کامپوزیت ترموست کرومی با وزن مخصوص ۰/۷۵ تا ۱/۷۵ به عنوان افزودنی به سیال حفاری تولید شد که قادر به کاهش هرزروی سیال به درون سازند است. این ذرات نانو کامپوزیت آن قدر کوچک اند که می توانند کیک گلی با تراوایی پایین تشکیل دهند. از طرف دیگر، این ذرات آن قدر بزرگ اند که می توانند در ورودی شکاف ها پل بزنند و به این ترتیب تاثیر قابل توجهی در استحکام چاه داشته باشند. این نانوذرات کامپوزیتی بر خواص رئولوژیکی سیال تاثیر نمی گذارند [۷].

استفاده از نانوذرات سیلیکا در سیال حفاری پایه آبی، از میزان نفوذ پذیری شیل و نیز حمله سیال به درون شیل به طور قابل ملاحظه ای کاسته است. در واقع، نانوذرات سیلیکا با نفوذ به درون منافذ و پر کردن کامل آنها و ایجاد یک کیک گل داخلی در این منافذ، موجب کاهش نفوذ سیال به درون شیل می شوند [۷].

با استفاده از ذرات نانولاتکس و نانوذرات غیر آلی یک سیال حفاری پایه نانویی تولید شد که نتایج بررسی ها نشان داد که بازدهی فیلم نیمه تراوای حاصل از این سیال حفاری، حدود ۶۵ درصد است. این

سیال حفاری قادر است یک لایه کاملاً غیر قابل نفوذ نسبت به آب تشکیل دهد. این فیلم نیمه تراوا در نتیجه مسدود شدن منافذ با مایسل‌ها^{۲۱} و با مشارکت شبکه حاصل از ذرات لاتکس و پلیمر به وجود آمده است. استفاده از خواص این فیلم به منظور پر کردن مخزن حساس به آب، روش مناسبی برای ممانعت از هجوم ذرات مختلف به درون سازند و در نتیجه پایداری دیواره‌های لوله جداری و حفاظت از مخزن است [۷].

■ جلوگیری از گل گرفتگی مته^{۲۲}

گل‌های حفاری حاوی نانوذرات به دلیل قابلیت تشکیل فیلم آبگریز روی سر مته و سطوح پایدارکننده، قادرند به طور کامل مانع از گل گرفتگی مته و سطوح پایدارکننده شوند. با توجه به نسبت سطح به حجم بالا و نیز غلظت پایین نانوذرات در سیالات حفاری، در مقایسه با سیالات با پایه ماکرو و میکرو، سیالات با پایه نانو برای حفاری در سنگ‌های واکنش‌پذیر، انعطاف‌پذیر و چسبنده - که به راحتی به مته و دیگر ادوات حفاری می‌چسبند و سبب کاهش میزان ازدیاد برداشت نفت می‌شوند - مناسب‌ترند [۶].



■ کاهش گشتاور پیچشی^{۲۳} و نیروی پسا^{۲۴}

سیالات با پایه نانو به دلیل ریز بودن ذرات و نازک بودن فیلم حاصل از نانومواد، فیلمی پیوسته و نازک از روان‌کننده^{۲۵} در مرز مشترک لوله و دیواره چاه تشکیل می‌دهند که موجب کاهش چشمگیری در مقاومت اصطکاکی میان لوله و دیواره چاه می‌شود [۶]. علاوه بر این، نانوذرات ریز کروی قادرند بستری بسیار نازک^{۲۶} و مشابه یک سطح بلبرینگ^{۲۷} میان لوله و دیواره چاه^{۲۸} به وجود آورند به طوری که لوله‌های حفاری روی این سطوح بلبرینگ به راحتی سُرخورند. این پدیده نشان‌دهنده نقش شگفت‌انگیز سیالات هوشمند با پایه نانو در کاهش گشتاور پیچشی و مشکلات نیروی پسا در حفاری است [۶]. تجهیزات درون چاه همواره در معرض نیروی‌های سایش^{۲۹} - ناشی از بالا بودن انرژی حرکتی^{۳۰} ذرات موجود در سطوح زیرین سازند و ذرات جامد افزوده شده به سیال حفاری - قرار دارند. این نیروها سبب فرسایش و ایجاد ترک در بیشتر تجهیزات درون چاه به ویژه در چاه‌های منحرف شده و افقی می‌شوند [۶].

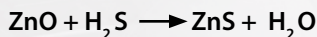
به دلیل اندازه بسیار کم نانوذرات ترجیح داده می‌شود تا از این ذرات در گل حفاری استفاده شود چرا که نیروهای سایش این ذرات قابل چشم‌پوشی است و اثر انرژی حرکتی پایین‌تری دارند. افزون بر این، از دیدگاه زیست محیطی نیز استفاده از نانوذرات بهتر از افزودنی‌های مرسوم گل‌های حفاری است زیرا

نانوذرات در مقادیر پایین و با غلظت اندکی در حد ۱ درصد به گل اضافه می‌شوند [۶].

حذف گازهای سمی

سولفید هیدروژن^۳ گازی به شدت خورنده^۳، سمی و خطرناک است، که می‌تواند در زمان حفاری از سازند به درون گل نفوذ کند. به منظور کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، حفظ سلامت کارگران و جلوگیری از خوردگی خطوط لوله و ادوات حفاری، این گاز باید از گل زدوده شود. بررسی‌ها نشان داد که نانوذرات اکسید روی با ابعاد ۱۴-۲۵ nm و مساحت سطح ویژه ۴۴-۵۶ m/g، طبق واکنش زیر، قادر به حذف سولفید هیدروژن از گل حفاری پایه آبی‌اند. [۶]:

مقایسه اثر این نانوذرات در حذف سولفید هیدروژن از گل حفاری با نتایج ذرات درشت اکسید روی

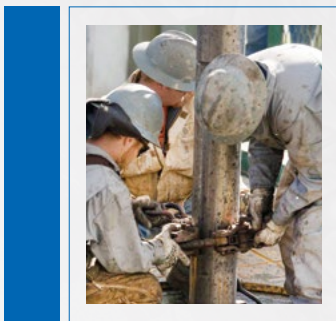


نشان داد که در شرایط عملیاتی یکسان، نانوذرات اکسید روی می‌توانند به طور کامل سولفید هیدروژن را ظرف ۱۵ دقیقه از گل حذف نمایند در حالی که ذرات درشت اکسید روی تنها ۲/۵ درصد از سولفید هیدروژن را پس از ۹۰ دقیقه حذف نمودند [۶].

کارکردهای اصلی نانوافزودنی‌ها در گل حفاری را می‌توان کاهش هرزروی سیال، حفظ و تقویت پایداری چاه، کاهش گل‌گرفتگی مته، کاهش گشتاور پیچشی و نیروی پسا، حذف گازهای سمی، مقابله با چالش دما و فشار بالای مخزن، و کنترل وزن گل دانست.

مقابله با چالش دما و فشار بالای مخزن

در شرایط دما بالا- فشار بالا، سیستم‌های موجود سیال حفاری، ضریب انتقال حرارت بسیار پایینی دارند. بنابراین بازده خنک‌کنندگی^۳ سیالات حفاری سنتی به دلیل نبود اتلاف حرارت از سطوح تجهیزات در اعماق چاه، کاهش می‌یابد. در نتیجه به دلیل فرسایش حرارتی^۳ در دمای بالا، یکی از نگرانی‌های مهم خرابی تجهیزات در این گونه شرایط است [۶]. نانو کامپوزیت اضافه شده به سیال حفاری موجب کاهش قابل توجهی در تفرقه گل و پایداری دمایی آن شده است. علاوه بر این، این نانوافزودنی توانایی بالایی به عنوان آنتی‌نمک، آنتی‌کلسیم، و آنتی‌میزیم تا دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد



داشته است. بنابراین می‌توان از نانو کامپوزیت‌ها به عنوان یک افزودنی بسیار مناسب به منظور کاهش هرزروی سیال در شرایط عملیاتی دما بالا بهره گرفت [۷]. نسبت سطح به حجم بالای نانوذرات سبب ارتقای هدایت حرارتی سیالات حفاری نانویی است که سبب می‌شود تا مه و سایر ادوات بهتر و سریع‌تر خنک شود و در نتیجه عمر مفید این تجهیزات نیز افزایش یابد [۶]. هم‌چنین، به علت وجود ذرات بیشمار با مساحت سطح بسیار بزرگ، تحمل دمایی بالا، هدایت حرارتی بالا، پویایی بالا ۳۵٪ و نیز برهمکنش موثر با سطوح داخلی و خارجی شیل، سیالات حفاری نانویی قادرند نقشی محوری در شرایط حفاری دما بالا-فشار بالا، شرایط پیچیده و نیز شرایط حفاری در اعماق آب ایفا نمایند [۶].

■ کنترل دانسیته (وزن) گل حفاری

به دلیل وجود سازندهای مختلف و نیز با افزایش عمق حفاری، دانسیته سیالات حفاری باید تنظیم شود تا بتواند به درستی سیستم را حین فرآیند حفاری متوازن سازد. لذا معمولاً موادی به عنوان وزن‌دهنده باید به طور پیوسته به سیال حفاری افزوده شود که این امر خود موجب تولید مقادیر قابل توجهی از پسماند سیال و جامد می‌شود [۷].

نانوذرات ابرمغناطیسی را می‌توان به عنوان نانوافزودنی وزن‌دهنده به سیال حفاری اضافه کرد. با این روش، دانسیته سیال حفاری با تنظیم مقدار نانوذرات کنترل می‌شود. در ضمن تعداد مواد مورد استفاده برای افزایش وزن سیال حفاری نیز به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. هم‌چنین از تولید مقدار زیادی از پسماندهای سیال و جامد جلوگیری می‌شود. افزون بر این، هزینه‌ها نیز به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. جالب‌تر آن که برای بازیابی این نانوذرات ابرمغناطیسی از سیال حفاری، از یک میدان مغناطیسی استفاده می‌شود که قادر است بیش از ۹۰ درصد نانوذرات اولیه را بازیابی نماید [۷].

■ دیگر کاربردها

علاوه بر کاربردهای بیان شده موارد دیگری نیز از کاربرد نانو ساختارها در گل حفاری در منابع مختلف بیان شده است که به گونه‌ای زیر مجموعه موارد مذکور است. مطلب دیگر این که اغلب نانوافزودنی‌ها در گل کارکرد واحد ندارند بلکه اضافه کردن یک نانوذره با ابعاد مختلف و با غلظت‌های مختلف می‌تواند آثار متفاوتی روی عملکرد گل حفاری داشته باشد. در ادامه چند نمونه از کارکردهای متفاوت نانوافزودنی‌ها روی رفتار گل حفاری بیان می‌شود.

■ نانو کامپوزیت بتونیت:

با استفاده از اکریل آمید به عنوان عامل بین لایه‌ای، نوع جدیدی از نانو کامپوزیت بتونیت سنتز شد. این نانو کامپوزیت از نظر مقاومت حرارتی، مقاومت در برابر آلودگی و ظرفیت حمل سنگ‌ریزه‌ها

دارای عملکردی بهتر در مقایسه با نوع معمول سدیم بنتونیت است. افزودن این نانوکامپوزیت به سیال حفاری موجب بهبود خواص رئولوژیکی سیال حفاری، ارتقای پایداری حرارتی و افزایش توانایی ممانعت کنندگی سیال حفاری شده است. هم‌چنین این نانوکامپوزیت قابلیت سازگاری خوبی با سیال حفاری داشته و عملکرد بهتری در مقایسه با بنتونیت‌های معمول مورد استفاده در گل حفاری دارد، بی آن که نیازی به افزودنی‌های گران‌قیمت باشد [۷].

■ نانوامولسیون‌ها:

نانوامولسیون‌ها پایداری زمانی خوبی دارند و اندازه قطرات آن حتی پس از ۶ ماه هم افزایش نمی‌یابد. نانوامولسیون‌ها توانایی بازدارندگی خوبی برای آماس رس دارند. در مقایسه با KCl ۷ درصد، نانوامولسیون حتی در غلظت ۰/۵ درصد نیز قدرت بازدارندگی بیشتری دارند. هم‌چنین، نانوامولسیون‌ها قدرت روانسازی خوبی دارند به طوری که ضریب اصطکاک نانوامولسیون‌ها کمی کمتر از روغن‌های معدنی است. از طرفی، نانوامولسیون‌ها یک افزودنی دوستدار محیط زیست برای سیال حفاری محسوب می‌شوند که در شرایط حفاری پیچیده نیز قابل استفاده‌اند. در مجموع روانسازهای نانومتری دارای بهره بالا، قیمت پایین و منطبق با مقررات زیست محیطی‌اند [۷].

■ سیالات حفاری ارتقا یافته با نانو:

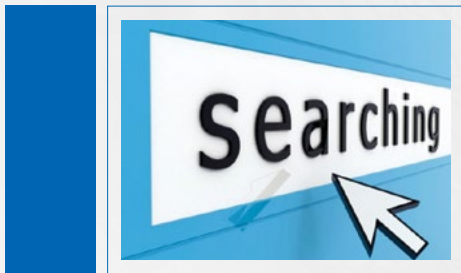
یکی از راه‌های غلبه بر مشکلات سیال حفاری، کنترل رفتار رئولوژیکی سیال حفاری با نانوذرات است. با اضافه کردن نانوذرات ATR به سیالات حفاری ضمن پایین نگه داشتن ویسکوزیته بدون تغییر دانسیته، قدرت ژل سیال افزایش یافت که این رفتار برای حل مشکلات حفاری نظیر گل گرفتگی مته، نیروهای گشتاور و پسای بالا، چسبندگی لوله، پایداری چاه، هرزروی ناشی از گردش سیال در چاه و تخریب سازند - که همگی موجب کاهش بازدهی حفاری می‌شود - ضروری است [۷]. اثر نانوذرات ATR روی سیالات حفاری در مقایسه با اثر بنتونیت بسیار بهتر بوده است. هم‌چنین، جهت بهبود عملکرد بنتونیت، مقدار معینی از نانوذرات ATR به گل بنتونیت اضافه شد. سیال حفاری حاصل خواص بسیار قابل قبولی داشته است که مربوط به دانسیته بالای بنتونیت و ویسکوزیته پایین و قدرت ژل بالای نانوذرات در گل بوده است [۷].

مراجع

- 1 D. Sarkar, C.R. Landis, R.P. Collins, Nanoparticle smart tags in subterranean applications, in, Halliburton Energy Services, Inc., US, 2013.
- 2 J.M. Tour, H.K. Schmidt, J.R. Lomeda, D.V. Kosynk, C.D. Doyle, Graphene compositions and drilling fluids derived there from, in, William Marsh Rice University, US, 2012.
- 3 L. Quintero, D.E. Clark, T.A. Jones, J.L. Salager, A. Forgiarini, In situ fluid formation for cleaning oil- or synthetic-oil-based mud, in, Baker Hughes Incorporated, US, 2008.
- 4 P. Skalle, Drilling fluid engineering, in, Pal Skalle & Ventus Publishing ApS, 2011.
- 5 A.S. Apaleke, A. Al-Majed, M.E. Hossain, Drilling fluid: state of the art and future trend, in: North Africa Technical Conference and Exhibition, SPE, Cairo, Egypt, 2012.
- 6 A.I. Diasty, A.M.S. Ragab, Application of nanotechnology in oil & gas industry: Latest trends worldwide & future challenges in Egypt, in: North Africa Technical Conference & Exhibition, SPE, Cairo, Egypt, 2013.
- 7 L. Long, X. Xianguang, S. Jinsheng, Y. Xubo, L. Yingmin, Vital role of nanomaterials in drilling fluid and reservoir protection applications, in: International Petroleum Conference and Exhibition, SPE, Abu Dhabi, UAE, 2012.

فصل دوم: بررسی و تحلیل منابع انتشار یافته

استراتژی جستجو



هدف از مطالعه پنت‌ها، مقالات SPE، مقالات ISI و دیگر منابع ارائه شده تعیین سیر و جهت گیری تحقیقات و مشخص کردن مهمترین بازیگران در حوزه تحقیقات و فناوری استفاده از فناوری نانو در مواد افزودنی به گل و سیمان حفاری بوده است.

در مطالعات علاوه بر تهیه فهرستی از شرکت‌ها و مراکز آموزشی و پژوهشی معتبر فعال در این حوزه، جهت گیری این تحقیقات و سیر زمانی پیشرفت مورد بررسی قرار گرفت. از آن جا که یافتن منابع یکی از مهم ترین بخش های تهیه هر گزارش علمی و صنعتی است، بدین منظور مسیر دسترسی به این منابع بسیار مهم می باشد. در گزارش حاضر منابع مربوطه طی سه گامی که در ادامه بیان می شود، شناسایی شدند. ناگفته نماند که مراحل بیان شده در اینجا می تواند برای فعالیت های مشابه نیز مورد استفاده قرار گیرد.

گام اول: شناخت ادبیات موضوع و تهیه شناسه فنی

در گام اول شناسه فنی نانو افزودنی به گل و سیمان حفاری تهیه شد. همچنین جهت یکسان سازی تعاریف، تعاریف پایه از فناوری گل و سیمان حفاری نیز ارائه شد. برای آشنایی بیشتر با (گل حفاری) و (عملکرد آن در فرآیند حفاری) از سایت ها و مقالات فارسی و انگلیسی مرتبط استفاده شد. در پایان این مرحله واژگان کلیدی اولیه برای جستجو انتخاب گردید که عبارتند از: Drilling Fluid و Drilling Mud. لازم به ذکر است که همواره تکمیل واژگان کلیدی نیازمند مطالعه دقیق تر منابع مربوطه است که باید در مراحل بعدی بدان دست یافت.

گام دوم: جستجوی مقالات (SPE و غیر SPE)

برای جستجوی مقالات از سایت OnePetro و Scopus برای یافتن مقالات SPE و از سایت های Springer, ACS, Sciencedirect, Informaworld, InterScience, ISI Web Of Knowledge و Scopus برای جستجوی مقالات غیر SPE استفاده شد. برای تکمیل جستجو از سایت های Google و Scholar Google نیز استفاده شده است.

گام سوم: جستجوی پنت ها

جستجوی پنت ها با استفاده از سایت Orbit انجام گرفت. به این ترتیب که ابتدا از واژگان کلیدی زیر برای جستجوی اولیه پنت ها استفاده شد:

{Nano+ AND (Drilling Fluid OR Drilling Mud) }

در مرحله بعدی و پس از مطالعه پتنت‌ها این استراتژی به شکل زیر تکمیل گردید:

Keywords:{Nano + AND (Drilling Fluid? OR Drilling Mud? OR Drilling?Fluid? OR Drilling?Mud?)}

برای تکمیل جستجوی پتنت‌ها از FreePatentsOnline و GooglePatents نیز استفاده شد. لازم به یادآوری است که جستجو پتنت‌ها در سایت Orbit با استراتژی جستجوی تخصصی، IPC، نیز انجام شد ولی پتنت جدیدی به دست نیامد.

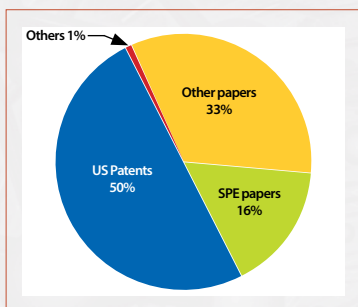
نتایج جستجوی پتنت‌ها و مقالات

نتایج حاصل از جستجو در جدول زیر نشان داده شده است. در مجموع، حدود ۲۰۳ پتنت حاصل شد که پس از بررسی این پتنت‌ها، ۱۳۰ پتنت مناسب و مرتبط تشخیص داده شد و در این میان، ۶۳ پتنت ثبت شده در US در این گزارش مورد استفاده قرار گرفت. در جستجوی مقالات نیز، ۲۰ مقاله SPE و ۴۱ مقاله غیر SPE یافت شد که در این میان تنها ۱۳ مقاله SPE در کار حاضر قابل استفاده بوده است. هم‌چنین، در بین مقالات غیر SPE، تنها محتوای ۲۴ مقاله مورد تایید بوده است.

نوع منبع	پتنت‌ها		مقالات				سایر منابع	
	US	غیر US	SPE		غیر SPE		پایان‌نامه	گزارش
			مروری	غیرمروری	مروری	غیرمروری		
جستجوی اولیه	۲۰۳		۲۰		۴۱		۱	-
پس از بررسی نهایی	۶۳	۶۷	۷	۱۳	۱۴	۲۴		

تحلیل اطلاعات به دست آمده

در این بخش تحلیل اطلاعات حاصل از منابع یافت شده ارائه می‌شود.



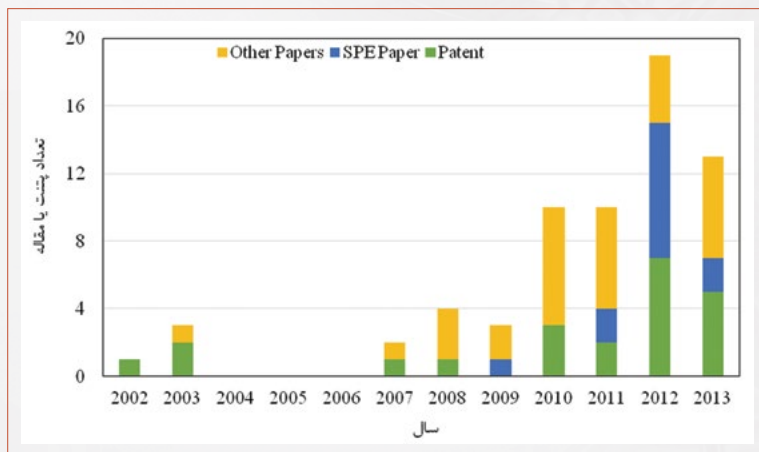
« شکل ۲-۱ توزیع فراوانی کارهای انتشار یافته در زمینه کاربرد نانوفناوری در گل حفاری

تفکیک داده‌ها بر اساس نوع منبع انتشار

کارهای انتشار یافته مربوط به کاربرد نانوافزودنی‌ها در گل حفاری در ۴ دسته زیر دسته‌بندی شده‌اند:

- پتنت‌ها
- مقالات SPE
- سایر مقالات
- سایر موارد

چگونگی توزیع پژوهش‌ها در قالب این چهار مورد در شکل ۲-۱ نشان داده شده است. اکثر کارهای انتشار یافته در این زمینه، به صورت پتنت بوده است که نشان دهنده توجه خاص صاحبان دانش نانوافزودنی‌ها در حوزه گل حفاری به فضای رقابتی این صنعت و تجاری‌سازی آن بوده است. از آنجا که ثبت پتنت فرایندی هزینه‌بر و بسیار پیچیده‌تر از انتشار سایر انواع است و نیز اعتباری که پتنت از نظر حقوقی و تجاری برای دانش فنی مربوطه فراهم می‌سازد، درصد بالایی انتشار پتنت در این زمینه گویای اهمیت رقابتی آن است و اغلب توسط شرکت‌های بزرگ انجام می‌شود.

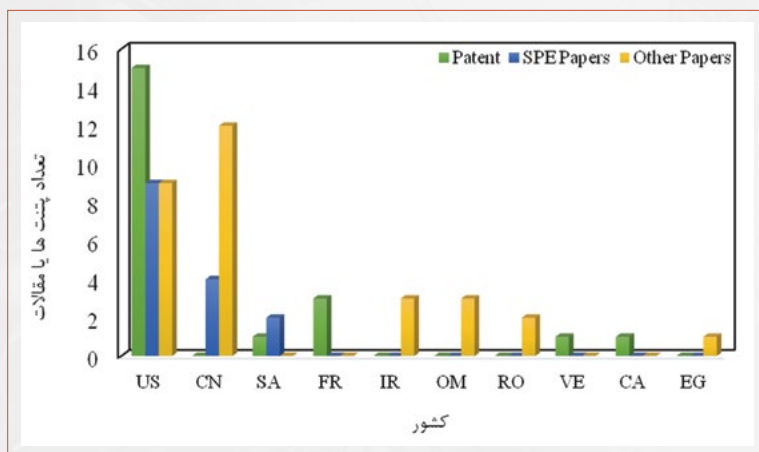


شکل ۲-۲ روند زمانی انتشار پتنت یا مقاله در حوزه کاربرد نانوافزودنی در گل حفاری

بررسی روند زمانی انتشار پتنت‌ها/مقاله‌ها

بررسی روند زمانی انتشار مقالات و پتنت‌های مرتبط با کاربرد نانو ساختارها در گل حفاری نشان می‌دهد که اولین پتنت در سال ۲۰۰۲ و توسط شرکت فرانسوی رودیاکیمی^{۳۶} به ثبت رسیده است. در سال ۲۰۰۳ شرکت آمریکایی شلمبرژه و شرکت اینتوپ^{۳۷} که یک شرکت ونزوئلایی است دومین و سومین پتنت‌های این حوزه را به ثبت رسانده‌اند. بررسی‌ها منابع انتشار یافته نشان می‌دهد که شرکت‌های

اینتوپ و رودیاکیمی فعالیت خود را در این زمینه ادامه نداده‌اند. جالب این که در طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶ مقاله یا پتنتی در این حوزه از دانش منتشر نشده است و از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ روند انتشار مقالات و پتنت‌ها رو به رشد بوده است. به طوری که در سال ۲۰۱۳ حدود ۵ پتنت و ۸ مقاله منتشر شده است. تعداد بالای انتشارات در سال‌های اخیر به حضور پررنگ شرکت‌های بزرگ نفتی چون هالیرتون^{۳۸}، بیکرهیوز^{۳۹} و شلمبرژه^{۴۰} مربوط است. البته دو شرکت فرانسوی آرکما^{۴۱} و توتال^{۴۲} نیز از سال ۲۰۱۲ وارد این عرصه شده‌اند. به طوری که شرکت آرکما فعالیت‌های خود را در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ با کاربرد نانولوله‌های کربنی در گل حفاری در قالب دو پتنت به ثبت رسانده است.



شکل ۳-۲ سهم کشورهای مختلف در انتشار پتنت با مقاله در حوزه کاربرد نانوافزودنی در گل حفاری

شناسایی کشورهای فعال

مشاهده می‌شود که کشور آمریکا با داشتن ۳۳ پژوهش انتشار یافته در این زمینه با اختلاف زیادی نسبت به سایر کشورها رتبه اول دانش را در این زمینه دارا است. هم‌چنین، مشاهده می‌شود که اکثر کارهای انتشار یافته این کشور شامل پتنت‌ها است که نشان دهنده پیشرفت این دانش در حوزه صنعتی و تجاری در این کشور است. این کشور با دارا بودن بزرگترین شرکت‌های نفتی و فعال در زمینه حفاری چاه‌های نفت از جمله هالیرتون، بیکرهیوز و شلمبرژه بیشترین فعالیت را داشته است. بعد از آمریکا، کشور چین با ارائه ۴ مقاله SPE و ۱۲ مقاله غیر SPE و مجموعاً با ۱۶ مقاله در رتبه دوم قرار دارد. با این حال تاکنون پتنتی با نام این کشور در سازمان ثبت پتنت آمریکا منتشر نشده است. در نتیجه دانش فنی کاربرد نانوذرات در گل حفاری در این کشور هنوز به مرحله تجاری و صنعتی نرسیده است. کشور فرانسه نیز با ارائه سه پتنت در حوزه کاربرد نانوافزودنی‌ها در گل حفاری، رتبه دوم را از نظر تعداد

پتنت‌ها به خود اختصاص داده است. سه شرکت آرمکو، توتال و رودیاکیمی از جمله شرکت‌های مهم و فعال در این حوزه‌اند.

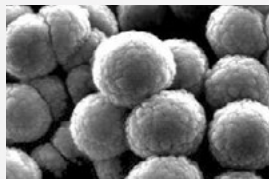
کشور عربستان نیز به دلیل فعالیت شرکت آرامکو^{۴۳} و شرکت نفت عربستان سعودی^{۴۴} تاکنون دو مقاله SPE و یک پتنت انتشار داده است. این نتایج بیان‌گر آن است که کشور عربستان - که بزرگترین تولیدکننده نفت جهان است و بیشترین میزان ذخایر نفتی را نیز در اختیار دارد - به دنبال بومی‌سازی و تجاری‌سازی این دانش است.

قابل توجه است که کشور ایران نیز با داشتن سه کار انتشار یافته در رتبه سوم تعداد انتشارات قرار دارد، البته این کارها بیشتر در قالب مقالات غیر SPE بوده است که از اعتبار کمتری نسبت به پتنت برخوردار است. کشور ونزوئلا نیز به دلیل فعال بودن شرکت اینتوپ، در این زمینه فعالیت داشته است. در کشور کانادا نیز شرکت نیوپارک^{۴۵} فعالیت‌هایی در این زمینه انجام داده و در سال ۲۰۱۱ یک پتنت به ثبت رسانده است.

معرفی انواع نانو افزودنی‌های گل حفاری

تاکنون نانو ساختارهای مختلفی به عنوان افزودنی برای بهبود خواص گل حفاری مورد بررسی قرار گرفته است. که در این جا ضمن دسته بندی این نانو ساختارها، اثر این نانو افزودنی‌ها بر گل و نیز شرکت‌ها یا موسسات استفاده کننده از آن‌ها معرفی می‌شود.

■ نانورس^{۴۶}



■ نانورس: از نانورس برای بهبود خواص مکانیکی گل حفاری و کاهش تراوایی فیلتر کیک استفاده می‌شود. نانورس‌ها قادرند تا چند برابر وزن خود متورم شده و به این ترتیب موجب کاهش هرزروی سیال شوند. شرکت هالیرتون از نانورس با گرید تجاری NANOMER برای بهبود رفتار گل حفاری استفاده کرده است. در این

شرکت از نانورس به عنوان شناساگر آنالیت در چاه نیز استفاده شده است.

شرکت آرامکو عربستان برای کاهش هرزروی سیال و نیز بهبود رفتار حرکتی گل از نانورس استفاده کرده است. شرکت بیکرهیوز نیز نانورس‌ها را برای بهبود خواص الکتریکی و ثابت دی الکتریک سیال حفاری به کار گرفته است. این شرکت از نانورس به عنوان نانو افزودنی جهت نمودارگیری از چاه نیز استفاده کرده است.

در آزمایشگاه ملی تکنولوژی انرژی ایالات متحده^{۴۷}، از نانورس به عنوان نانو افزودنی در شرایط دما بالا - فشار بالا استفاده شده است. در پژوهش انجام شده در دانشگاه سلطان قابوس، نانورس به عنوان نانو افزودنی جهت کاهش هرزروی سیال معرفی شده است.

■ **نانوبتونیت^{۳۸}**: از نانوبتونیت به عنوان نانوافزودنی جهت کاهش هرزروی سیال و تقویت پایداری چاه استفاده می شود. موسسه تحقیقات نفت مصر، دانشگاه نفت و گاز پلویشت^{۳۹} رومانی و نیز دانشگاه نفت چین از جمله مراکزی هستند که از این نانوافزودنی برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده اند.

■ **نانو اکسید فلزی**

نانوذرات اکسید فلزی یکی دیگر از نانوذرات پر کاربرد به عنوان افزودنی گل حفاری هستند. از این نانوذرات برای بهبود خواص مکانیکی و رئولوژیکی گل حفاری، جلوگیری از اختلاط گل و سیمان حفاری، کاهش تراوایی فیلتر کیک، کاهش هرزروی سیال، حفظ خواص گل در شرایط دما بالا- فشار بالا، بهبود خواص الکتریکی گل، افزایش پایداری چاه و نیز به عنوان روان کننده (کاهش نیروهای گشتاوری و پسا) استفاده می شود. شرکت هایی چون هالیرتون و بیکر هیوز به اثرات مثبت و قابل قبول نانو اکسیدهای فلزی بر رفتار گل حفاری اشاره کرده اند. در ادامه چند نمونه از نانو اکسیدهای فلزی به کار رفته در گل حفاری معرفی می شود.

■ **نانوسیلیکا**: نانوسیلیکا از پر کاربردترین نانوافزودنی به کار رفته در گل حفاری است. نانوذرات سیلیکا می توانند اثرات متفاوتی روی گل حفاری داشته باشند مانند: کاهش هرزروی سیال، بهبود پایداری چاه (کاهش تخریب سازند)، کاهش نیروهای گشتاور و پسا و نیز حفظ خواص گل حفاری در شرایط دما بالا-فشار بالا.

تاکنون شرکت ها و موسسات مختلفی از این نانوذره برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده اند که از آن جمله می توان به شرکت شلمبرژه اشاره کرد که از نانوذرات سیلیکا با گریدهای تجاری KLEBESOL 30R25 و KLEBESOL 30R9 استفاده کرده است. شرکت M-I SWACO^{۴۰} که زیر مجموعه ای از شرکت شلمبرژه است نیز به طور گسترده از نانوسیلیکا برای تقویت خواص گل استفاده کرده است. دانشگاه تگزاس در اوستین، دانشگاه نفت چین، شرکت حفاری منطقه نفت خیز شنگلی چین و دانشگاه زمین شناسی چین از دیگر مراکزی هستند که با همکاری شرکت M-I SWACO از نانوسیلیکا به عنوان نانوافزودنی گل حفاری استفاده کرده اند. شرکت هالیرتون نیز از نانوسیلیکا برای بهبود خواص مکانیکی و رئولوژیکی گل حفاری استفاده کرده است.

■ **نانو اکسید آهن (III)**: استفاده از نانو اکسید آهن (III) به عنوان افزودنی به گل موجب کاهش نیروهای گشتاور و پسا می شود. هم چنین از این نانوافزودنی در شرایط دما بالا-فشار بالا برای کاهش هرزروی سیال نیز استفاده می شود. افزودن این نانوذره به گل موجب افزایش پایداری چاه، بهبود خواص مکانیکی و رئولوژیکی گل حفاری و نیز کاهش تراوایی فیلتر کیک می گردد. شرکت هایی چون هالیرتون و بیکر هیوز اکسید آهن را به عنوان نانوافزودنی به گل حفاری اضافه کرده اند. هم چنین، در یک پژوهش مشترک دانشگاه کلگری کانادا، دانشگاه علم و فناوری میسوری و در فعالیت مشترک دیگری دانشگاه پترزبورگ و آزمایشگاه ملی تکنولوژی انرژی ایالات متحده، نانوذرات اکسید آهن را برای بهبود خواص گل حفاری به کار گرفته اند.

■ **نانو اکسید روی:** افزودن نانوذرات اکسید روی به گل حفاری سبب می‌شود که طی واکنشی شیمیایی تمام گاز سولفید هیدروژن - که گازی به شدت سمی و خورنده است و اثرات منفی و زیانباری بر فرآیند حفاری دارد - از گل حذف شود. هم‌چنین استفاده از این نانوذره سبب بهبود خواص مکانیکی و رئولوژیکی گل حفاری، کاهش تراوایی فیلتر کیک، افزایش پایداری چاه و کاهش هرزروی سیال در شرایط دما بالا - فشار بالا می‌گردد.

پژوهشگاه صنعت نفت ایران، در یک پژوهش، از این نانوذره به عنوان نانوافزودنی گل حفاری، برای حذف گازهای سمی چاه‌های نفت و گاز استفاده کرده‌است. هم‌چنین شرکت‌هایی چون هالیرتون و بیکر هیوز نانو اکسید روی را به عنوان نانوافزودنی گل حفاری به کار گرفته‌اند.

■ نانوپلیمرها

نانوپلیمرهای مختلفی در بهبود خواص گل حفاری به کار گرفته شده است. و به عبارتی نانوپلیمرها یکی از گسترده‌ترین نانو ساختارهای استفاده شده در گل حفاری‌اند. و تاکنون گزارش‌های متعددی از این کاربرد منتشر شده است. شرکت بیکر هیوز ادعا کرده‌است که از نانو ساختارهای پلیمری می‌توان برای کنترل هرزروی سیال، پایداری چاه، کاهش گل گرفتگی مته و کاهش نیروهای گشتاوری و پسا استفاده کرد.



شرکت هالیرتون از نانوپلیمرها به عنوان یک شناساگر حساس و انتخابگر برای شناسایی و تعیین غلظت آنالیت‌ها در چاه و نیز اندازه‌گیری دمای چاه استفاده کرده است. در پژوهشی که توسط دانشگاه نفت و گاز پلویشت رومانی انجام شد از نانوپلیمرها برای کاهش هرزروی سیال استفاده شده است. شرکت ملی نفت چین^{۵۱} نیز از نانوپلیمر به عنوان نانوافزودنی جهت کاهش هرزروی سیال و افزایش پایداری چاه در شرایط دما بالا - فشار بالا استفاده کرده است. در ادامه چند نمونه از این نانوپلیمرهای استفاده شده در گل حفاری معرفی می‌شود.

■ **نانوالیاف سلولزی**^{۵۲}: این نانو ساختارها می‌توانند با بهبود رفتار رئولوژیکی گل حفاری، پایداری دمایی آن را تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد افزایش دهند. هم‌چنین این ترکیبات در حضور دیگر افزودنی‌های معمول گل حفاری نیز پایداری دارند. این مواد قادرند ضمن بهبود خواص فیلتر کیک، خطر تخریب سازند را کاهش دهند. شرکت رودیا کیمی^{۵۳} از این نانو ساختار برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده است.

■ **کربوکسی متیل سلولز**^{۵۴}: این نانو ساختارها قادرند با تغییر pH حالت خنثی به حالت بازی، رفتار رئولوژیکی گل حفاری را کنترل نمایند. در نتیجه موجب کاهش هرزروی سیال و افزایش بازیابی نفت گردند. در دانشگاه نفت و گاز پلویشت رومانی از این نانو ساختار استفاده شده است.

■ **پلی هیدروکسی اتیل متاکریلات:** از این نانوساختار برای بهبود رفتار رئولوژیکی گل حفاری pH بازی استفاده شده است و نتایج نشان داد که این نانوساختار می تواند به عنوان یک نانوافزودنی کاهنده هرزروی سیال در شرایط بازی عمل کند. که این نانوساختار توسط دانشگاه نفت و گاز پلویش رومانی معرفی شده است.

■ **پلی متیل متاکریلات^{۵۵}:** بررسی اثر این نانوذرات روی گل حفاری نشان داد که اثر ممانعت کنندگی بالایی روی آماس شیل داشته و افزودن این نانوذرات موجب کاهش قابل توجهی در هرزروی سیال می شود. علاوه بر این، از این نانوذرات می توان در دمای کمتر از ۱۸۰ درجه سانتیگراد استفاده کرد. استفاده از این نانوذرات در گل حفاری توسط محققان دانشگاه نفت جنوب غرب چین گزارش شده است.

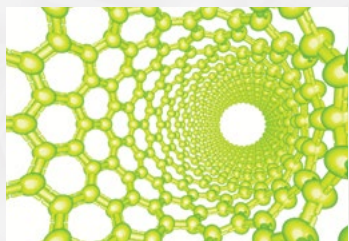
■ **دندریمر^{۵۶} و پلیمرهای دندریمری:** بررسی اثر به کارگیری نانوساختارهای دندریمری بر گل حفاری حکایت از قابلیت های بالای این نانوساختارها در گل حفاری دارد. به طوری که این نانوساختارها می توانند ضمن کاهش قابل توجه هرزروی سیال، استحکام و پایداری چاه را نیز موجب شوند و از تخریب سازند جلوگیری نمایند. هم چنین این نانوساختارها قادرند در شرایط دما بالا - فشار بالا نیز مورد استفاده قرار گیرند. افزون بر این ها، از این نانوساختارها می توان برای تمیز کاری مته (و کاهش گل گرفتگی آن)، کاهش نیروهای پسا و گشتاور و نیز برای خنثی سازی سولفید هیدروژن در چاه استفاده کرد. این نانوساختارها توسط محققان شرکت آرامکو عربستان سعودی در گل حفاری به کار گرفته شده است.

■ **پلی وینیل پیرولیدون^{۵۷}:** این نانوساختارها می توانند در گل حفاری ضمن کاهش هرزروی سیال، اثر نیروهای گشتاوری و پسا را نیز کاهش دهند و در واقع نقش روان کننده داشته باشند. شرکت هالبرتون از این نانوساختار با گرید تجاری VIVIPRINT 540 برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده است.

■ **کوپلیمرهای استایرن-بوتادین:** اثر این نانوساختارها بر گل حفاری همانند اثر نانوساختارهای PVP است که قادرند از میزان هرزروی سیال بکاهند و موجب کاهش نیروهای گشتاوری و پسا شوند. در شرکت هالبرتون از این نانوساختار با گرید تجاری TECHWAX FL250 به عنوان نانوافزودنی گل حفاری استفاده شده است.

■ نانوساختارهای کربنی

نانوساختارهای کربنی یکی دیگر از پرکاربردترین نانوافزودنی های به کار رفته در گل حفاری است. این نانوساختارها برای بهبود ضریب انتقال حرارت، بهبود خواص رئولوژیکی و پایداری گل، بهبود خواص الکتریکی گل، به عنوان شناساگر آنالیت در چاه، وزن دهنده گل، کاهش هرزروی سیال، کاهش خوردگی ادوات حفاری و حفظ



خواص گل در دمای بالا به کار گرفته می‌شوند. در ادامه دو نوع پرکاربرد از نانوساختارهای کربنی معرفی می‌شود.

نانولوله‌های کربنی: افزودن نانولوله‌های کربنی به گل حفاری می‌تواند ضمن کاهش هرزروی سیال، وزن گل را نیز کنترل نماید. افزودن بر این، در شرایط دما بالا-فشار بالا نیز می‌توان از این نانوساختارها در گل حفاری استفاده کرد. از دیگر قابلیت‌های این نانوافزودنی می‌توان به نمودارگیری برای چاه، افزایش پایداری چاه، کاهش گل گرفتگی مته، کاهش نیروهای گشتاور و پسا اشاره کرد. شرکت‌هایی چون آرکما و توتال فرانسه در یک فعالیت مشترک، شرکت نیوپارک کانادا، شرکت هالیرتون، شرکت نفت عربستان سعودی، شرکت بیکرهیوز، شرکت شلمبرژه، شرکت میسوآکو^{۸۵} از جمله شرکت‌هایی هستند که از نانولوله‌های کربنی به عنوان نانوافزودنی گل حفاری استفاده کرده‌اند. هم‌چنین، شرکت آرکما از نانولوله‌های کربنی با گرید تجاری Graphistrength® C100 به عنوان

وزن دهنده و نیز برای بهبود خواص رئولوژیکی و پایداری دمایی گل حفاری استفاده کرده است.

گرافن: از گرافن برای کاهش گل گرفتگی چاه، کاهش هرزروی سیال، افزایش پایداری چاه، وزن دهنده، کاهش نیروی گشتاور و پسا، برای نمودارگیری چاه، بهبود خواص الکتریکی و بهبود ثابت دی‌الکتریک گل حفاری، ارتقا خواص رئولوژیکی سیال و افزایش پایداری گل استفاده می‌شود.

دانشگاه رایس و نیز شرکت‌هایی چون بیکرهیوز، هالیرتون، میسوآکو از گرافن به عنوان نانوافزودنی گل حفاری استفاده کرده‌اند. در پژوهشی مشترک، دانشگاه رایس، شرکت میسوآکو و موسسه علوم و تکنولوژی نانو از گرافن برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده‌اند.

نانوذرات کربنات کلسیم

از نانوذرات کربنات کلسیم به عنوان وزن دهنده، و نیز برای کاهش هرزروی سیال و افزایش پایداری چاه در گل حفاری استفاده می‌شود. بدین منظور، محققان دانشگاه کلگری و نیز پژوهشگران دانشگاه نفت و گاز پلویشت رومانی این نانوذرات را به عنوان نانوافزودنی گل حفاری به کار گرفته‌اند.

نانو کامپوزیت

از نانوساختارهای پر استفاده در گل حفاری نانو کامپوزیت است که به عنوان روان کننده برای کاهش نیروهای گشتاور و پسا، حفظ خواص گل در شرایط دما بالا-فشار بالا، کاهش هرزروی سیال و افزایش پایداری چاه استفاده می‌شود. شرکت سان-دریلینگ^{۸۶}، موسسه تحقیقات فناوری مهندسی حفاری پتروچاینا و نیز دانشگاه نفت چین



از مراکزی هستند که در تحقیقات خود از این نانو ساختارها برای بهبود خواص گل استفاده کرده‌اند.

■ نانوامولسیون‌ها

نانوامولسیون‌ها برای کاهش هرزروی سیال، کاهش تخریب سازند در اثر نفوذ سیال به جداره چاه، کاهش گل گرفتگی مته و نیز کاهش نیروهای گشتاوری و پسا به گل حفاری اضافه می‌شود.

شرکت مهندسی فناوری نفت شنگلی چین، موسسه تحقیقات اکتشاف و توسعه نفت چین،

شرکت حفاری نفت جیانگسو، شرکت ملی نفت چین و شرکت بیکر هیوز از جمله مراکزی هستند که برای بهبود خواص گل حفاری از نانوامولسیون‌ها استفاده کرده‌اند.

■ نانو هیدروکسید آهن

نانوذرات هیدروکسید آهن را می‌توان برای کاهش هرزروی سیال و افزایش پایداری چاه به گل حفاری افزود. اولین بار، محققان دانشگاه کلگری کاربرد این نانوذرات را به عنوان نانوافزودنی گل گزارش کرده‌اند.

■ نانو ابر مغناطیس‌ها

از این نانوذرات که شامل فلزات گروه III، طلا و کادمیم است به عنوان وزن دهنده و نیز کاهش هرزروی سیال به گل می‌توان افزود. این نانوذرات توسط شرکت ونزوئلایی اینتوپ^۶ در گل حفاری مورد استفاده قرار گرفته است.

■ دیگر نانو ساختارها

در منابع از برخی نانو ساختارها نام برده شده است که نام علمی و ترکیب دقیق آن‌ها مشخص نشده است. در ادامه به سه نوع از این نانو ساختارها خواهیم پرداخت.

■ **نانوذرات ATR:** پژوهشگران دانشگاه سلطان قابوس با افزودن نانوذرات ATR به گل حفاری، نشان دادند که می‌توان از این نانوذرات به عنوان وزن دهنده و نیز برای کاهش نیروهای گشتاور و پسا استفاده کرد.

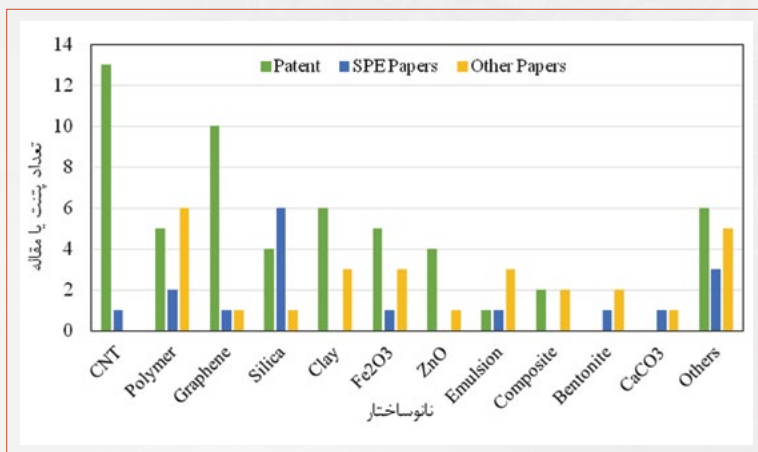
■ **نانوذرات GY-2:** پژوهشگران دانشگاه نفت چین نشان دادند که افزودن این نانوذرات به گل حفاری، ضمن کاهش نیروهای گشتاوری و پسا، کاهش هرزروی سیال را نیز به همراه داشته و هم چنین موجب پایداری چاه می‌گردد.



نانوذرات NM-1: استفاده از این نانوذرات به عنوان نانوافزودنی به گل می‌تواند موجب کاهش هرزروی سیال شده و سبب تقویت پایداری چاه گردد. این نانوذرات توسط پژوهشگران دانشگاه نفت جنوب غرب چین به عنوان نانوافزودنی گل معرفی شده است.

بررسی آماری انواع نانوافزودنی‌های گل حفاری

توزیع فراوانی انواع نانوافزودنی‌ها در کارهای مورد بررسی در شکل ۲-۴ ارائه شده است:



شکل ۲-۴ آمار انتشارات مربوط به انواع نانوافزودنی‌های به کار رفته در گل حفاری

مشاهده می‌شود که بیشترین حجم فعالیت‌های انجام شده مربوط به نانولوله‌های کربنی، نانوپلیمرها و گرافین است. با این حال از نظر تعداد پتنت‌های ثبت شده، نانولوله‌های کربنی و گرافین به ترتیب با ۱۳ و ۱۰ پتنت در رده‌های اول و دوم قرار دارند. این ارقام نشان می‌دهد که دانش فنی مربوط به این دو نانوافزودنی به مراحل تجاری و صنعتی خود بسیار نزدیک شده است که علت این استقبال تأثیرات چندگانه نانولوله‌های کربنی و نیز گرافین بر رفتار گل حفاری است. لازم به ذکر است که دو شرکت بزرگ نفتی هالیرتون و بیکرهیوز بیشترین پتنت‌ها را در این حوزه به خود اختصاص داده‌اند.

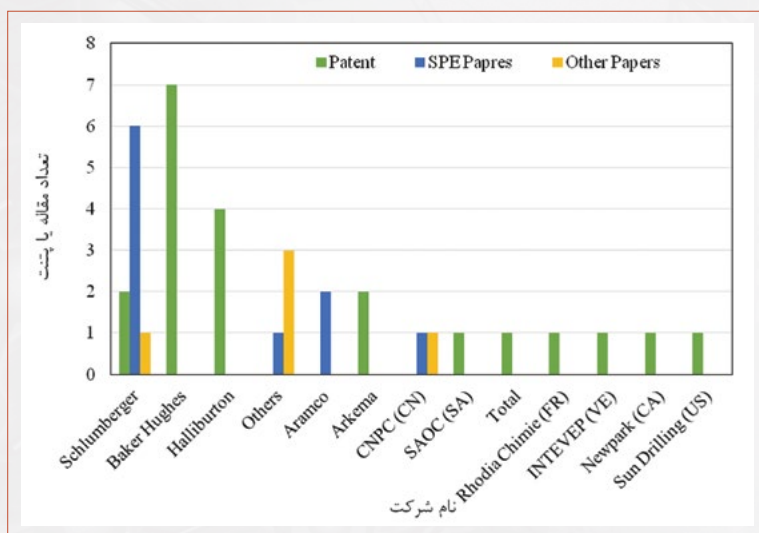
آمار بالای تعداد انتشارات مربوط به پلیمرها نیز مربوط است به تنوع پلیمرها. به این معنی که فیبرهای سلولزی، کربوکیسی متیل سلولزها، دندریمرها، کوپلیمرها و... زیرمجموعه این عنوان قرار دارد.

آمار انتشارات مربوط به دیگر نانو ساختارها نشان می‌دهد که استقبال نسبت به نانوذرات رس، نانوسیلیکا، نانو اکسید آهن و نانو اکسید روی هم قابل توجه است. به طوری که نانوذرات رس، ۶ پتنت، نانو اکسید آهن ۵ پتنت و نانو اکسید روی و نانوسیلیکا نیز هر کدام ۴ پتنت را به خود اختصاص داده است. این ارقام نشان دهنده قابلیت تجاری و صنعتی این نانوذرات به عنوان نانوافزودنی‌های گل حفاری دارد. در واقع تعداد بالای پتنت‌های

مربوط به این نانو ساختارها بیشتر به فعالیت شرکت های بزرگی چون هالیرتون، بیکر هیوز، چورون و شلمبرژه در این بخش مربوط است.

شناسایی محیط رقبا: شرکت ها

شرکت های صاحب فناوری نیز به تناسب سهم مشارکت خود در زمینه توسعه کاربرد نانو در گل حفاری در شکل ۲-۵ نشان داده شده است. همان طور که انتظار می رود شرکت ها بیشتر در حوزه ثبت پتنت فعالیت دارند و کمتر به صورت مقالات فعالیت خود را منتشر کرده اند.

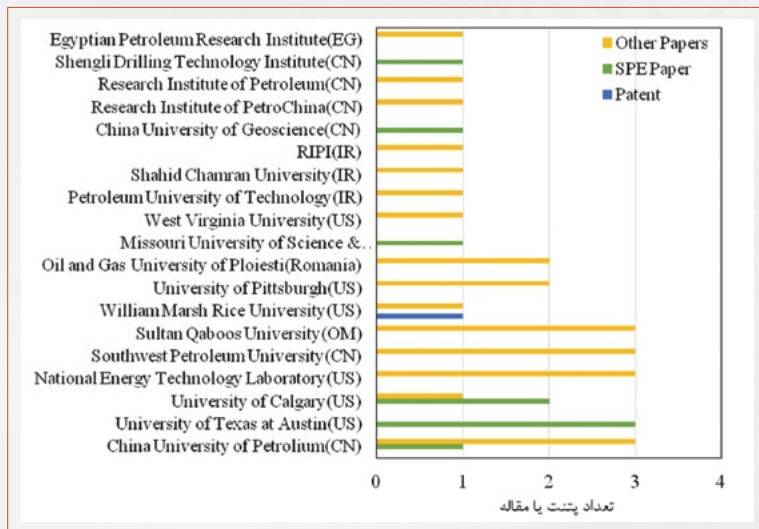


شکل ۲-۵ سهم هر یک از صاحبان دانش فنی (شرکت ها) در زمینه کاربرد نانو فناوری در گل حفاری

شرکت شلمبرژه با داشتن ۲ پتنت، ۶ مقاله SPE و ۲ مقاله غیر SPE فعال ترین صاحب دانش فنی در این زمینه است. البته مقالات این شرکت با نام یکی از زیر مجموعه های این شرکت به نام شرکت میسو آکو منتشر شده است. با این وجود شرکت بیکر هیوز با داشتن ۷ پتنت در جایگاه بعدی قرار دارد. این شرکت تمامی فعالیت های خود را تاکنون در قالب پتنت به ثبت رسانده است. شرکت هالیرتون نیز که یکی از غول های بزرگ نفتی دنیاست با ارائه ۴ پتنت در رتبه سوم کشورهای صاحب دانش فنی در حوزه کاربرد نانو افزودنی در گل و سیمان حفاری قرار دارد.

نکته قابل توجه این که سه شرکت فرانسوی آرکما، توتال و رودیاکیمی که هر کدام حداقل یک پتنت به ثبت رسانده اند نیز در این حوزه فعالیت دارند. یعنی از نظر دانش فنی، کشور فرانسه بعد از امریکا

قرار دارد. نکته قابل توجه حضور شرکت‌های آمریکایی به عنوان فعال‌ترین صاحبان دانش فنی است که فعالیت‌های خود را غالباً به صورت پتنت ثبت نموده‌اند. این مسئله نشان دهنده توسعه این فناوری در بخش صنعتی و تجاری این کشور است که البته هنوز در مراحل آغازین رشد خود قرار دارد.



شکل ۲-۶: سهم هر یک از صاحبان دانش فنی (مراکز پژوهشی و صنعتی) در زمینه کاربرد نانوفناوری در گل حفاری

شناسایی محیط رقبا: مراکز پژوهشی و دانشگاه‌ها

دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و صنعتی صاحب فناوری نیز به تناسب سهم مشارکت خود در زمینه توسعه کاربرد نانو در گل حفاری در شکل ۲-۶ نشان داده شده است.

برخلاف شرکت‌ها، مراکز تحقیقاتی و صنعتی فعالیت‌های خود را در قالب مقالات به انتشار رسانده‌اند. در این بین تنها دانشگاه رایس یک پتنت در حوزه کاربرد گرافن در گل حفاری به

ثبت رسانده است. دانشگاه نفت چین با یک مقاله SPE و ۳ مقاله غیر SPE از نظر دانش فنی در صدر قرار دارد و دانشگاه‌های تگزاس و نیز دانشگاه کلگری هر یک با ۳ مقاله در رده دوم قرار دارند. نکته قابل توجه سهم مشارکت دانشگاه‌های آمریکایی و چینی است که بیشترین میزان مقالات را به خود



اختصاص داده‌اند. بدین معنا که این کشورها، صاحب دانش فنی در این حوزه‌اند که البته این دانش هنوز در مراحل آغازین رشد خود قرار دارد. این در حالی است که در خاورمیانه سه کشور ایران، عمان و مصر فعال‌ترین کشورهای این حوزه در کاربرد نانوافزودنی در گل حفاری‌اند. سه مرکز علمی-پژوهشی در ایران شامل پژوهشگاه صنعت نفت، دانشگاه صنعت نفت و نیز دانشگاه شهید چمران اهواز هر یک فعالیت‌هایی در راستای دسترسی به دانش فنی کاربرد نانوافزودنی‌ها در گل حفاری به صورت مقاله ارائه داده‌اند.

معرفی رقبای فعال

در این بخش تلاش می‌شود تا شرکت‌های مهمی که در به کارگیری نانوساختارها به عنوان افزودنی گل حفاری فعال هستند به طور مختصر معرفی شده و نانوافزودنی (های) مورد استفاده توسط هریک از این شرکت‌ها نیز ذکر شود.

M-I SWACO (US)

تعداد پتنت: ندارد

تعداد مقاله: ۷



حوزه فعالیت: این شرکت در بیش از ۷۵ کشور حدود ۱۳۰۰۰ نفر در استخدام خود دارد. این شرکت یکی از شرکت‌های فعال در صنعت اکتشاف و تولید هیدروکربن است. این شرکت بزرگترین شرکت فراهم‌کننده سیالات حفاری برای بهبود عملکرد حفاری است. در آگوست ۲۰۱۰، با هدف بهینه‌سازی حفاری، این شرکت با شرکت شلمبرژه ادغام شد و اکنون بخشی از شرکت شلمبرژه می‌باشد.

نانوذرات مورد استفاده در گل حفاری

این شرکت تاکنون از نانوذرت سیلیکا، گرافن، گرافن اکسید و نانولوله‌های کربنی برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده است.

آدرس اینترنتی: www.slb.com/services/miswaco.aspx

Baker Hughes Incorporated (US)

تعداد پتنت: ۷

تعداد مقاله: ندارد

حوزه فعالیت: این شرکت در بیش از ۸۰ کشور حدود ۶۰۰۰۰ نفر در استخدام خود دارد. بیکرهیوز

یک شرکت نفت و گاز آمریکایی و از بزرگترین شرکت‌های خدمات نفتی جهان است. این کمپانی در صنایع نفت و گاز فعال بوده و به ارائه محصولات و خدمات حفاری، مشاوره، ارزیابی، تولید و ساخت مخازن اشتغال دارد. بیکر هیوز در بیش از ۹۰ کشور در سراسر جهان و عمدتاً در کشورهایی که دارای منابع نفت و گاز می‌باشند، شعبه دارد و حدود ۶۰۰۰۰ نفر در استخدام خود دارد. همچنین با اکثر شرکت‌های خدمات نفت و گاز در ارتباط است.

■ نانوذرات مورد استفاده در گل حفاری

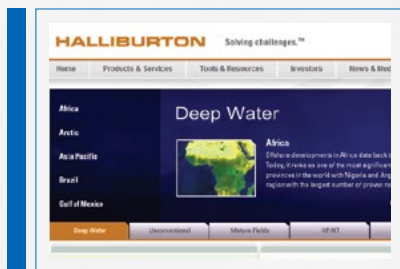
این شرکت تاکنون از نانوساختارهای کربنی (CNT، گرافن، گرافن اکسید، فولرین، نانوالماس، ...)، نانواکسیدهای فلزی (نانوسیلیکا، نانواکسید روی، نانواکسید آهن و ...)، نانوپلیمرها، نانورس، نانومولسیون، نانوفلزات و نانوذرات غیر آلی برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده است.

■ آدرس اینترنتی: <http://www.bakerhughes.com>

■ Halliburton Company (US)

■ تعداد پتنت: ۴

■ تعداد مقاله: ندارد



■ حوزه فعالیت: این شرکت، بزرگترین شرکت خدمات نفتی در جهان است. شرکت خدمات نفتی هالیبرتون، در بیش از ۸۰ کشور فعالیت می‌کند. این کمپانی، مالک صدها شرکت تابعه، شرکت مشارکتی، شعبه و زیرمجموعه در سراسر جهان بوده و شمار کارکنان آن، بیش از ۷۵۰۰۰ نفر می‌باشد. بخش عملیاتی هالیبرتون در زمینه ارائه خدماتی چون اکتشاف و تولید نفت خام و گاز طبیعی، احداث پالایشگاه، خطوط لوله و نیز ساخت کارخانجات تولید فراورده‌های شیمیایی و پتروشیمیایی اشتغال دارد.

■ نانوذرات مورد استفاده در گل حفاری

این شرکت تاکنون از نانوپلیمرها (PVP، کوپلیمر استایرن-بوتادین و ...)، نانواکسید فلزی (نانوسیلیکا، نانواکسید آهن، نانواکسید روی و ...)، نانورس (NANOMER)، نانوروبات و نانوساختارهای کربنی (نانولوله‌های کربنی، گرافن، فولرین و ...)، برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده است.

■ آدرس اینترنتی: www.halliburton.com

■ Saudi Aramco (SA)

■ تعداد پتنت: ندارد

تعداد مقاله: ۲

حوزه فعالیت: این شرکت در واقع، شرکت ملی نفت عربستان سعودی است که تحت تملک دولت مرکزی عربستان است. این شرکت، با ارزش ترین شرکت جهان محسوب می شود. شرکت سعودی آرامکو در بین کمپانی های نفتی، بالاترین سطح تولید را دارد، هم چنین دارای بیشترین ذخایر نفتی اثبات شده می باشد. تعداد کارمندان و کارگران این شرکت در حدود ۵۴۰۰۰ نفر از ۷۰ ملیت مختلف است.

نانوذرات مورد استفاده در گل حفاری

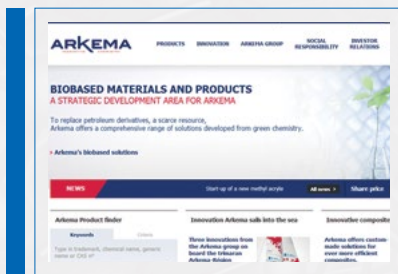
این شرکت تاکنون از نانوپلیمرها و به طور خاص دندیرمها برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده است.

آدرس اینترنتی: www.saudiamramco.com

Arkema France (FR)

تعداد پتنت: ۲

تعداد مقاله: ندارد



حوزه فعالیت: این شرکت، یک شرکت صنایع شیمیایی فرانسوی است. شرکت آرکما در سال ۲۰۰۴ و در پی تجدید ساختار کمپانی نفتی توتال، از این شرکت جدا شد و به عنوان بخش تولید محصولات شیمیایی آن ثبت گردید. شمار کارکنان آرکما بیش از ۱۴۰۰۰ نفر بوده، که در ۹۱ کارخانه در ۴۰ کشور جهان، اشتغال دارند. شرکت آرکما دارای عملیات در اروپا، آمریکای شمالی و آسیا می باشد. این شرکت تولید کننده نانولوله های کربنی با نام تجاری Graphistrength® C100 است.

نانوذرات مورد استفاده در گل حفاری

این شرکت تاکنون از نانولوله های کربنی با نام تجاری Graphistrength® C100 برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده است.

آدرس اینترنتی: www.arkema.com

Schlumberger Technology Corporation (US)

تعداد پتنت: ۲

تعداد مقاله: ۷

حوزه فعالیت: بزرگترین شرکت خدمات نفتی در جهان می باشد. این شرکت بین المللی نفتی، در حدود ۱۲۰۰۰ پرسنل از ۱۴۰ ملیت مختلف دارد که در حال حاضر در ۸۵ کشور فعالیت می نماید. زمینه تخصصی این

شرکت در بخش‌هایی مانند: پردازش لرزه نگاری دوبعدی و سه بُعدی، خدمات سرچاهی، حفاری اکتشافی و حفاری چاه‌ها، مشاوره، نرم‌افزار و مدیریت اطلاعات در صنعت نفت می‌باشد. هم‌چنین در زمینه استخراج آب‌های زیرزمینی و صنعت جذب و ذخیره‌سازی کربن نیز فعالیت می‌کند.

■ نانوذرات مورد استفاده در گل حفاری

این شرکت تاکنون از نانوسیلیکا و نانولوله‌های کربنی و نمک‌ا و نانو اکسیدهای فلزی برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده است.

■ آدرس اینترنتی: <http://www.slb.com>

■ CNPC (CN)

■ تعداد پتنت: ندارد

■ تعداد مقاله: ۲

■ حوزه فعالیت: شرکت ملی نفت چین، در واقع شرکت نفت و گاز دولتی چین است، که بزرگ‌ترین شرکت انرژی جمهوری خلق چین محسوب می‌شود. این کمپانی از ماه ژوئن سال ۲۰۱۰ دومین شرکت بزرگ جهان، از لحاظ میزان ارزش بازار سرمایه شناخته می‌شود. شرکت ملی نفت چین، مالک شرکت پتروچاینا می‌باشد. امور مربوط به اکتشاف و تولید، پالایش و بازاریابی، همچنین بخش صنایع پتروشیمی و بازار گاز طبیعی نیز به پتروچاینا واگذار شد. این شرکت در حال حاضر در ۷۰ کشور مشغول فعالیت است و حدود ۱۶۷۵۰۰۰ نفر در استخدام خود دارد.

■ نانوذرات مورد استفاده در گل حفاری

این شرکت تاکنون از نانوامولسیون و نانوپلیمر برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده است.

■ آدرس اینترنتی: <http://www.cnpc.com.cn>

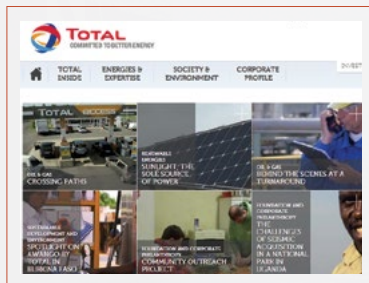
■ Total SA (FR)

■ تعداد پتنت: ۱

■ تعداد مقاله: ندارد

■ حوزه فعالیت: شرکت توتال، یک شرکت

نفت و گاز فرانسوی است که یکی از شش کمپانی بزرگ نفتی در جهان محسوب می‌شود. شرکت توتال در حال حاضر چهارمین شرکت نفتی و هشتمین شرکت بزرگ در جهان است که در ۳۰ کشور دارای شعبه بوده و بیش از ۹۷۰۰۰ کارمند از ۱۳۰ ملیت در آن اشتغال دارند. کمپانی توتال در تمامی حوزه‌های صنایع نفت و گاز



فعالیت می‌نماید. این شرکت فرانسوی، در زمینه اکتشاف و تولید نفت خام و گاز طبیعی و نیز تولید برق، احداث خطوط لوله، پالایش و بازاریابی نفت خام و گاز طبیعی فعالیت می‌کند. توتال همچنین طیف گسترده‌ای از مواد شیمیایی را در کارخانجات خود، در مقیاس عمده تولید و به سراسر جهان عرضه می‌نماید.

■ نانوذرات مورد استفاده در گل حفاری

این شرکت به همراه شرکت آرکما از نانولوله‌های کربنی برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده است.

■ آدرس اینترنتی: <http://total.com>

■ Rhodia Chimie (FR)

■ تعداد پتنت: ۱

■ تعداد مقاله: ندارد

■ حوزه فعالیت: رودیا شرکتی است که

در تولید محصولات شیمیایی، الیاف سنتزی و پلیمرها فعالیت دارد و از سپتامبر ۲۰۱۱ زیر مجموعه شرکت‌های گروه سولوی قرار گرفته است. رودیا یکی از بازیگران مهم در صنایعی چون خودرو، الکترونیک، طعم‌دهنده‌ها، عطریجات و مواد بهداشتی است. در حال حاضر بیش از ۱۴۰۰۰ نفر در استخدام این شرکت قرار دارند.

■ نانوذرات مورد استفاده در گل حفاری

این شرکت از نانوالیاف سلولزی برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده است.

■ آدرس اینترنتی: <http://www.rhodia.com>

■ INTEVEP S.A.(VE)

■ تعداد پتنت: ۱

■ تعداد مقاله: ندارد

■ حوزه فعالیت: موسسه تحقیقات نفت ونزوئلا وابسته به شرکت ملی نفت ونزوئلا است که در

حوزه‌های مختلف نفتی از جمله اکتشاف، تولید، پالایش، انتقال و تجارت هیدروکربن‌ها فعالیت دارد و در حال حاضر قریب به ۱۲۰۰ کارگر در آن مشغول به کارند. کلیه فعالیت‌های این شرکت در راستای برنامه‌های اعلام شده از سوی وزارت انرژی و نفت ونزوئلاست. در حال حاضر این شرکت دارای ۵ دفتر فعال در کشورهای آرژانتین، برزیل، کوبا، انگلستان و هلند است و با همکاران خود در این کشورها روابط تجاری خوبی دارد.

■ نانوذرات مورد استفاده در گل حفاری

این شرکت از نانوذرات ابرمغناطیس (مانند فلزات گروه III، طلا، کادمیم) برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده است.

■ آدرس اینترنتی: www.pdvsa.com

■ Newpark Canada Inc. (CA)

■ تعداد پتنت: ۱

■ تعداد مقاله: ندارد

■ حوزه فعالیت: این شرکت در حوزه‌هایی

چون سیالات حفاری و نیز مشکلات زیست-محیطی به مشتریان خود در سراسر جهان خدمات ارائه می‌کند. در بخش سیالات حفاری، این شرکت فراهم‌کننده محصولات سیال حفاری با ارزش افزوده بالا است. محلول‌های سیال حفاری شرکت نیوپارک، شامل سیال حفاری پایه آبی با عملکرد بالا با نام تجاری اوولوشن است که از نظر زیست محیطی کاملاً دوستدار محیط زیست بوده و موجب کاهش زمان حفاری می‌گردد.

**■ نانوذرات مورد استفاده در گل حفاری**

این شرکت از نانولوله‌های کربنی برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده است.

■ آدرس اینترنتی: <http://www.newpark.com>

■ Sun Drilling Products Corporation (US)

■ تعداد پتنت: ۱

■ تعداد مقاله: ندارد

■ حوزه فعالیت: شرکت سان دریلینگ پروداکت، یک شرکت فعال در تولید، تامین و توزیع بسیاری از محصولات، تجهیزات و خدمات پتنت شده و اختصاصی نفتی است. این شرکت ارائه‌کننده راهکارهای مهندسی با تکیه بر اقتصاد عملیاتی در بسیاری از مسائل حفاری و تکمیل چاه است. شهرت اصلی این شرکت به طور خاص به خاطر طراحی افزودنی‌های سیال حفاری با کیفیت بالا و اختصاصی است که ضمن کاهش زمان حفاری و حل مشکلات مربوط به شرایط حفاری چاه، از نظر هزینه نیز به صرفه است.

■ نانوذرات مورد استفاده در گل حفاری

این شرکت از نانو کامپوزیت برای بهبود خواص گل حفاری استفاده کرده است.

■ آدرس اینترنتی: <http://www.sundrilling.com>

پی‌نوشت‌ها

- 1 Drilling Fluid
- 2 Borehole
- 3 Drilling Mud
- 4 Water-based-Mud (WBM)
- 5 Oil-based-Mud (OBM)
- 6 Synthetic-based-Mud (SBM)
- 7 Brine
- 8 Oil-in-Water
- 9 Filter Cake
- 10 Stuck Pipe
- 11 Barite
- 12 Bentonite
- 13 Tags
- 14 Nano-based Drilling Fluid
- 15 Nano-Enhanced Drilling Fluid
- 16 Fluid Loss Control
- 17 Well-bore Stability
- 18 Shale
- 19 Borehole
- 20 Wellbore Collapse
- 21 Micelle
- 22 Bit Balling
- 23 Torque
- 24 Drag
- 25 Continuous & Thin Lubricating Film
- 26 Ultra-Thin
- 27 Ball-Bearing
- 28 Borehole Wall
- 29 Abrasive Force
- 30 Kinetic Energy
- 31 Hydrogen Sulfide
- 32 Corrosive
- 33 Cooling Efficiency
- 34 Thermal Degradation
- 35 High Mobility
- 36 Rhodia Chimie
- 37 INTEVEP
- 38 Haliburton
- 39 Baker Hughes
- 40 Schlumberger
- 41 Arkema
- 42 TOTAL
- 43 Saudi Aramco
- 44 Saudi Arabian Oil Company
- 45 Newpark Canada Inc
- 46 Nano-Clay
- 47 National Energy Technology Laboratory (NETL)
- 48 Nano-Bentonite
- 49 Ploiesti
- 50 Ploiesti
- 51 China National Petroleum Company (CNPC)
- 52 Rhodia Chimie
- 53 Carboxy Methyl Cellulose (CMC)
- 54 Poly Hydroxy Ethyl Methacrylate (PHEMA)
- 55 Poly Methyl Methacrylate (PMMA)
- 56 Dendrimer
- 57 Polyvinyl Pyrrolidone (PVP)
- 58 M-I SWACO
- 59 Sun-Drilling
- 60 INTEVEP SA

از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو منتشر شده است



- نماهای کامپوزیتی نانویی
- کاربرد پوشش‌های نانو در لوله‌های آب گرم
- ظروف آشپزخانه با پوشش نانویی
- تکمیل ضد آتش و دیرسوزی منسوجات
- نانوذرات لیپیدی، سامانه‌ای جدید برای دارورسانی
- نانومیسرها و نقش آنها در رهایش دارو
- نانو بلورهای دارویی فرمولاسیون جدید داروهای کم‌محلول
- نقش فناوری نانو در توسعه پچ‌های پوستی
- کاربردهای فناوری نانو در سیمان حفاری

مجموعه نرم‌افزارهای «نانو و صنعت»



مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با هدف معرفی کاربردهای فناوری نانو در بخش‌ها و صنایع مختلف طراحی و منتشر شده است. در این نرم‌افزار اطلاعاتی مفید و کاربردی در قالب فیلم مستند، مقاله، کتاب الکترونیکی و مصاحبه با کارشناسان، در اختیار فعالان صنعتی کشور و علاقمندان به فناوری نانو قرار داده شده است. تاکنون شش عنوان از مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با موضوع کاربردهای فناوری نانو در صنایع «نفت»، «خودرو»، «نساجی»، «ساخت‌وساز»، «بهداشت و سلامت» و «کشاورزی» ارائه شده است.

مرکز پخش: ۸۸۰۲۳۹۶۴ - www.nanosun.ir