



مروری بر کاربردهای نانوفناوری در صنایع اکتشاف و تولید نفت و گاز

هادی ابراهیم فتح آبادی^۱ ■ شرکت ملی نفت ایران

مقدمه

از آنجایی که منابع نفت و گاز به سرعت رو به اتمام می‌باشند، صنایع اکتشاف و تولید نفت و گاز به دنبال ارتقاء سطح تکنولوژی خود برای استفاده حداکثر از این منابع موجود می‌باشند. منابع باقی‌مانده، معمولاً در مکان‌های عمیق‌تر و دورتر نسبت به منابع موجود در دسترس بوده و انجام عملیات حفاری در آنها دشوارتر است. دسترسی به تکنولوژی‌های جدیدتر و نیاز به مواد با ساختارهای پیچیده‌تر، افزایش هزینه‌ها را به همراه خواهد داشت [۲ و ۱].

در طی دوره‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰، هزینه‌های بخش بالادستی (اکتشاف، توسعه و تولید)، کاهش چشمگیری را به میزان میانگین ۲۷ دلار آمریکا/بشکه در سال ۱۹۸۱ تا کمتر از ۹ دلار آمریکا/بشکه در سال ۱۹۹۵ نشان می‌دهد. ارتقاء تکنولوژی، مانند: «حفاری‌های افقی» و «چند جهته» را می‌توان علت اصلی این کاهش هزینه‌ها دانست. در اواخر دهه ۱۹۹۰، اگر چه میزان هزینه‌ها یکنواخت بوده است، اما در سال‌های اخیر، روند افزایشی داشته است. علاوه بر هزینه‌های معمول فرآیندهای

اکتشاف و تولید، این افزایش هزینه‌ها را می‌توان ناشی از فرسوده شدن تاسیسات میادین تولیدی، تخلیه مخازن هیدروکربوری، افزایش مشکلات برداشت از میادین جدید، قوانین زیست‌محیطی مشکل‌تر و نیز افزایش رقابت برای دسترسی به مخازن نفتی و گازی دانست [۲ و ۱].

میزان استحصال از میادین اکتشافی از بیش از ۲۰۰ میلیون بشکه معادل نفت خام در هر عملیات اکتشاف در سال ۱۹۶۰، به کمتر از ۵۰ میلیون بشکه معادل نفت خام در دهه ۱۹۹۰ رسید. اکتشاف میدان‌های عظیم نفتی رو به کاهش است و مکان‌هایی هم که احتمال میادین عظیم در آنها وجود دارد، در آب‌های عمیق و شرایط آب و هوایی بسیار نامناسب هستند. یکی از فاکتورهای مهمی که هزینه‌های تولید را افزایش داده است، استخراج سیالات هیدروکربوری در شرایط دما و فشار بالا است. مخازنی که قبلاً برداشت از آنها غیر اقتصادی به نظر می‌رسیده است، اغلب با ناخالصی‌های خورنده مانند: دی‌اکسید کربن و سولفید هیدروژن آلوده شده‌اند. در فشارهای بالا و در حضور آب، این آلاینده‌ها می‌توانند باعث

تخریب سریع تاسیسات درون چاهی، سرچاهی و دیگر تاسیسات سطح‌الارضی شوند. به کاربردن آلیاژهای گران با مقاومت بالاتر برابر خوردگی، نگهداری از تاسیسات و تعمیرات مداوم - برای جلوگیری از ریزش‌های درون چاهی و کاهش آلاینده‌ها در سطح - امری ضروری به نظر می‌رسد [۳ و ۲].

شیب‌های دمایی «ژئوترمال» و فشاری «ژئواستاتیک» نشان می‌دهند که حفاری‌های عمیق‌تر، دماها و فشارهای بالاتر را به همراه دارند. حفر چاه‌هایی با عمق بیش از ۲۰,۰۰۰ فوت، مقابله با دماهای بیشتر از ۴۰۰ درجه فارنهایت (۲۰۰ درجه سانتیگراد) و فشارهای بیشتر از ۲۰۰۰ پام، به تجهیزات پیشرفته‌ای نیازمند است [۱].

ادوات حفاری باید توان مقابله با نیروهای وارده از طرف سنگ‌های سخت، سایش و تخریب‌های گرمایی بر اثر حرارت تولیدی در طی عملیات حفاری را داشته باشند. ادوات حفاری رانده شده به عمق ۲۰,۰۰۰ فوت می‌تواند بیشتر از یک میلیون پوند وزن داشته باشند، این در حالی است که در حین عملیات، حرکات چرخشی،

۱- کاربرد نانو تکنولوژی در فرآیند اکتشاف

برخی از کاربردهای نانو تکنولوژی در فرآیند اکتشاف نفت و گاز به شرح ذیل است:

- استفاده از حسگرهای کوچک از جنس فیبرهای نوری جهت اندازه گیری فشار، دما، جریان نفت و امواج صوتی در چاههای نفت
- تزریق نانوحسگرها به داخل مخزن و دریافت اطلاعات دقیق تری از ساختار مخزن.
- استفاده از نانوحسگرها در تصویربرداری های لرزه ای (شکل های ۲ و ۳) [۶، ۷].

۲- کاربرد نانو تکنولوژی در عملیات حفاری

برخی از کاربردهای نانو فناوری در عملیات حفاری چاه های نفت و گاز به شرح ذیل می باشد [۱۱-۵]:

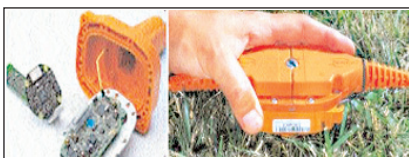
- افزودن برخی از نانو موادها به سیمان حفاری،

از طرف صنایع اکتشاف و تولید. بیشتر نوآوری ها در صنایع اکتشاف و تولید، جزیی و با اهداف خاص بوده و یا جز مواردی هستند که در سایر صنایع کاربردی شده اند. میانگین زمانی یک ایده تا تجاری شدن آن در صنایع اکتشاف و تولید، بیشتر از بیست سال است، که این زمان در اغلب صنایع شش سال، در صنایع دارویی هشت سال و در صنایع ارتباطی ۱۱ سال است. هرگونه تاخیر در عملیات حفاری می تواند هزینه ها را به شدت افزایش دهد. علاوه بر آن هرگونه تاخیر در تکمیل نمودن چاه می تواند تولید را به تاخیر انداخته و باعث افزایش هزینه گردد. همین هزینه های بالا یکی از علل اصلی ریسک پذیری پایین صنایع اکتشاف و تولید می باشد [۴ و ۱]. در ادامه برخی از کاربردهای تکنولوژی «نانو» در فرآیندهای اکتشاف و تولید مرور می شود.

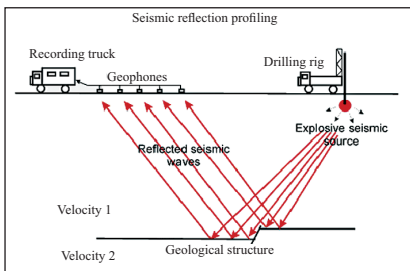
فشرده گی و کشش نیز وجود دارد. علم «نانو» توانسته است مواد مقاوم در برابر سایش و خوردگی فوق العاده و شرایط گرمایی و شیمیایی سخت، با نسبت بالای استحکام به وزن و رسانش گرمایی بالا تولید کند [۱]. «نانو» موادها کاربردهای گسترده ای به اشکال مختلف پیدا کرده اند (شکل ۱).

در حال حاضر استفاده از محصولات بر پایه نانو در صنایع اکتشاف و تولید بسیار محدود است که آن را می توان به دلایل زیر دانست:

- کمبود نوآوری در بخش اکتشاف و تولید
- فرآیند دشوار کاربردی شدن مواد جدید در صنایع اکتشاف و تولید
- هزینه و ریسک بالای صنایع اکتشاف و تولید
- کمبود آگاهی صنایع «نانو» از مشکلات صنایع اکتشاف و تولید و همچنین عدم اطلاع رسانی صحیح مشکلات موجود



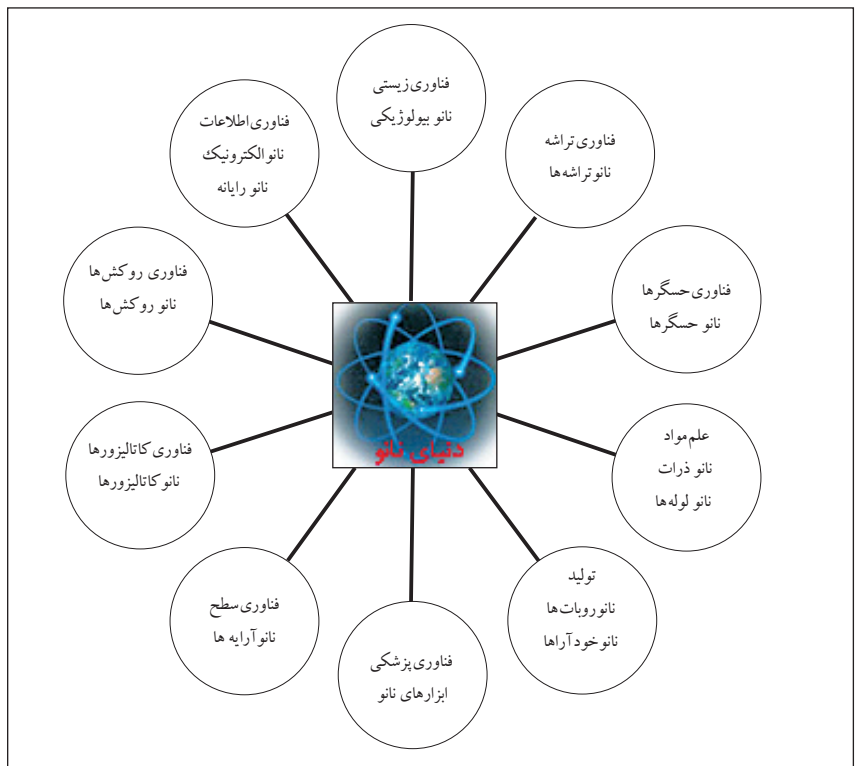
شکل ۲ | نمونه ای از حسگرهای مورد استفاده در فرآیند لرزه نگاری



شکل ۳ | فرآیند لرزه نگاری



شکل ۴ | مته های حفاری پوشش داده شده



شکل ۱ | اشکال مختلف استفاده از نانو موادها



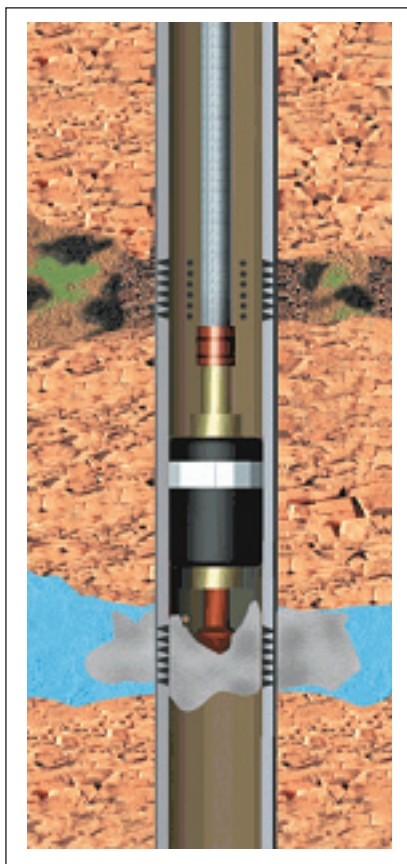
- استفاده از نانو مواد جهت تسهیل جدایش نفت و گاز در داخل مخزن
- استفاده از «نانوردیاب»ها در داخل سنگ مخزن (این نانو ذرات هنگامی که با سنگ‌های حاوی نفت خام تماس پیدا می‌کنند، محموله‌های خود را رها کرده و باعث بازیافت نفت خام می‌شوند).
- استفاده از «نانو مواد» جهت جدایش موثر نفت و آب نمک در تفکیک کننده‌ها
- کاهش آلودگی با استفاده از «نانوفیلتر»هایی که می‌توانند ترکیبات آلی را از بخار نفت جدا سازند (شکل ۵)
- کاهش آلودگی با استفاده از کاتالیست‌های «نانو»یی جهت تسهیل در جداسازی سولفید هیدروژن، آب، مونوکسید کربن و دی‌اکسید کربن از

- نانو کریستال‌ها
- ساخت نانو کامپوزیتها به عنوان پوشش و بهبود مقاومت حرارتی و فشاری مته‌های حفاری.
- استفاده از مواد نانو در جذب بهتر باقی‌مانده نفت از گل حفاری
- استفاده از نانو ذرات «اکسید روی» برای جذب H_2S از سیالات حفاری
- استفاده از ترکیبات «نانوروانکار»ها در عملیات حفاری (روغن‌های مصرفی در حفاری)
- استفاده از «نانو مواد» در مشبک کاری [۱۲]:

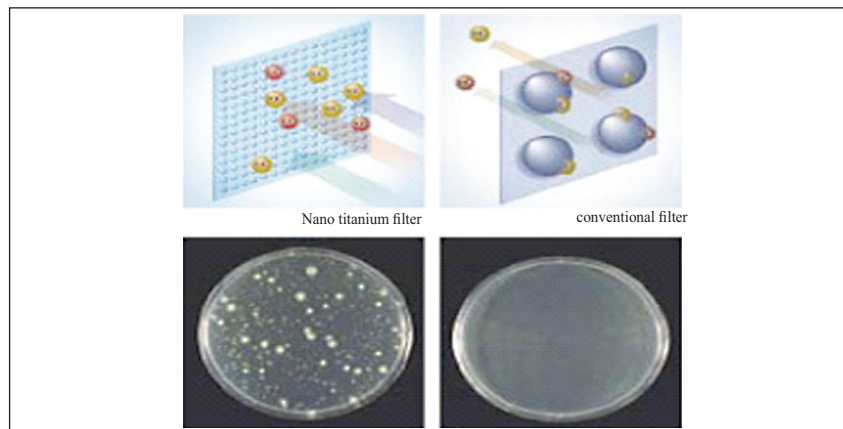
۳- کاربرد نانوتکنولوژی در عملیات بهره‌برداری

برخی از کاربردهای «نانو تکنولوژی» در عملیات بهره‌برداری نفت و گاز به شرح ذیل است [۱۱-۵]:

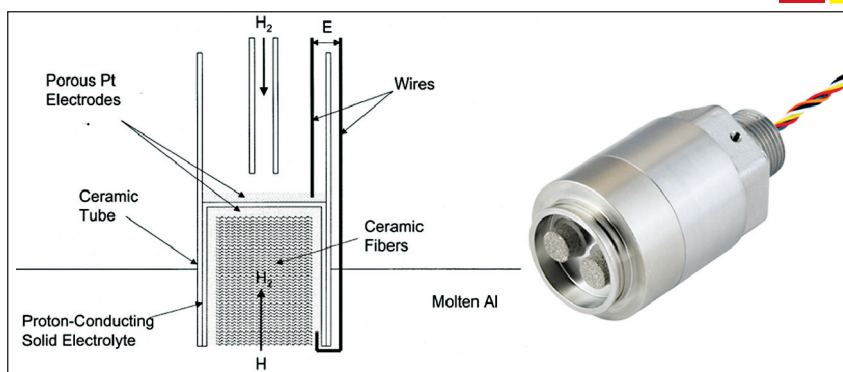
- باعث پراکنش یکسان مخلوط سیمان و در نتیجه یکنواخت شدن خواص سیمان می‌گردد. افزودن نانو ذرات «سیلیکات کلسیم» به سیمان حفاری، کاربرد سیمان در دماهای بالا (چاه‌های عمیق و چاه‌های ژئوترمال) را بهبود می‌بخشد.
- افزودن برخی از نانو مواد، پایداری کیفیت سیمان، حذف آب اضافی، داشتن وزن مخصوص مناسب، تراکم پذیری اولیه و زمان بندی مناسب، پوشش سیمانی محکم‌تر، نفوذ پذیری و تراوایی کمتر سیمان، مهار مهاجرت گاز، جلوگیری از هرزروی سیال و ایجاد ایزولاسیون مناسب لایه‌ها را به همراه خواهد داشت.
- ساخت تجهیزات حفاری (به خصوص مته‌های حفاری) بادوام‌تر، با استفاده از



شکل ۷ | انسداد منافذ تولید آب در سازند



شکل ۵ | نانو فیلترها



شکل ۶ | حسگرهای هیدروژنی

نتیجه گیری

پیدایش و پیشرفت علم نانوفناوری در آینده نزدیک، انقلابی در تمامی عرصه‌های صنعتی ایجاد خواهد نمود و صنعت نفت و گاز نیز از آن بی‌بهره نخواهد بود. همان‌طور که بیان شد، قطعاً بسیاری از مشکلات و ضعف‌های موجود در عملیات اکتشاف و تولید را می‌توان با استفاده از اشکال مختلف نانوفناوری (نانو کریستال، نانو غشاء، نانو حسگر، نانو فیلتر، نانو کامپوزیت و ...) برطرف نمود که این امر نیازمند اطلاع‌رسانی صحیح در خصوص نیازمندی‌های این صنایع - به‌توسط دست‌اندرکاران این صنایع - به فعالان عرصه نانوفناوری و بالعکس و نیز جهت گیری تحقیقات و پیشرفت‌های نانو تکنولوژی به سمت رفع نیازهای صنایع اکتشاف و تولید است. واضح است که نتیجه‌گیری در هر عرصه تحقیقاتی با سرمایه‌گذاری هدفمند در آن زمینه امکان‌پذیر خواهد بود.

گازی با استفاده از نانو موادهای.

- حذف مواد گوگردی مانند «تیوفن»ها و «تیول»ها از محصولات نفتی با استفاده از نانو کاتالیست‌ها.
- تبدیل نفت سنگین به نفت سبک (فرآیند صنعتی هیدرو کاتورژن) [۱۳]
- استفاده از نانو کاتالیست‌ها (کیالت بر پایه آلومینا) در فرآیند «فیشر-تروپش» و افزایش بازدهی واکنش.
- تولید از مخازن نفت سنگین با روش تزریق بخار آب با به‌کارگیری «نانو کاتالیزور»ها^۵.
- افزایش بازدهی فرآیند GTL^۶ با استفاده از «نانو کاتالیست»ها.
- استفاده از مواد جاذب نانویی برای زدودن نفت نشت کرده از سطح دریا
- افزایش عمر مفید لوله‌های انتقال نفت و گاز در زیر دریا با استفاده از نانو اسفنج‌ها.
- ساخت پمپ‌های ریز درون چاهی در حد سلول.

گاز طبیعی

- استفاده از حسگرهای هیدروژنی خود تمیزکننده ساخته شده از «نانو تیوب‌های تیتانیا»^۴ که توسط یک لایه غیر پیوسته از «پالادیم» پوشانده شده است. این حسگرهای نانویی نسبت به نوع قدیمی دارای طول عمر بیشتر و خطای کاری کمتر هستند (شکل ۶)
- تزریق هیدروژل‌های «نانو کامپوزیتی» در مخازن توسعه یافته‌ای که با مشکل تولید آب روبه‌رو هستند با هدف انسداد منافذ تولید آب در سازند (شکل ۷).
- استفاده از نانو غشاهای پلیمری با قابلیت کاربرد در محدوده دمایی وسیع.
- استفاده از انواع نانو پوشش‌ها جهت جلوگیری از خوردگی، سایش، کاربرد درده‌های بالا، مقاومت در مقابل مواد شیمیایی مختلف، افزایش طول عمر و هم‌چنین کاهش احتمال آتش‌سوزی پوشش.
- جدایش «الماس‌واره»ها از میعانات

پی‌نوشت‌ها

¹hadifathabadi@yahoo.com

²Wait On Cement (WOC)

³Nanocatalysts

³Perforation

⁶Gas To Liquid

⁴Titania Nanotubes

منابع

- [۳] سید رامین موسوی، ترجمه، کاربرد فناوری های میکرو و نانو در صنایع نفت و گاز، مروری بر پیشرفت های جدید، ماهنامه فناوری نانو، شماره ۱، پیاپی ۱۶۲، فروردین ۱۳۹۰.
- [۵] علی احمدپور، هادی پیرمرادی، مروری بر کاربردهای فناوری نانو در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، ماهنامه فرآیند نو، شماره ۱۸، بهمن-اسفند ۱۳۸۷.
- [۸] امیر خاکسار، توسعه فناوری نانو در صنایع بالادستی نفت و گاز، لازمه توسعه اقتصادی ایرانی با میدین مشترک، ماهنامه نفت و انرژی، ۱۳۸۹.
- [۱۲] رضا شیدپور، سید مهدی طباطبایی، ابوذر سهرابی جهرمی، کاربرد نانو مواد در مشبک کاری صنایع بالادستی نفت، ماهنامه نفت، گاز و پتروشیمی، شماره ۵۶، آبان ۱۳۸۷.
- [۱۳] علیرضا بستامی، ترجمه، کاربرد گازهای تزریقی اشباع شده با نانو ذرات در ازدیاد برداشت از مخازن نفت سنگین، ماهنامه فناوری نانو، شماره ۱۲، پیاپی ۱۴۹، اسفند ۱۳۸۸.
- [1] Matthew R.G.Bell, Shell Technology Ventures Inc., A Case for Nanomaterials in the Oil & Gas Exploration & Production Business, 2008.
- [2] Saeid Mokhatab, Mariela Araujo Fresky, M. Rafiqul Islam, Application of Nanotechnology in Oil and Gas E&P, Journal of Petroleum Technology, 2006.
- [4] Sunjay, Nano-Science & Technology in Upstream, 8th Biennial International Conference & Exposition on Petroleum Geophysics, 2010.
- [6] <http://jami2.persianblog.ir>.
- [7] <http://www.engineeramin.blogfa.com>.
- [9] <http://www.technicaltoolworld.com>.
- [10] <http://www.ripi.ir>.
- [11] <http://www.nano.ir>.