



اعظم طوسی، مدیریت برنامه ریزی شرکت ملی نفت ایران
مهدی عسکری، مدیریت برنامه ریزی شرکت ملی نفت ایران

مقدمه:

نانو فناوری همانطور که از نامش پیداست، عبارت است از: کاربرد ذرات در مقیاس نانومتر. یک نانومتر، یک میلیاردیم متر است که با توجه به اندازه مولکول ها که در مقیاس آنگستروم است، اندازه کوچکی است. جهت رسیدن به این ابعاد ۲ روش کلی وجود دارد، یکی روش دسترسی از بالا به پایین و دیگری طراحی و ساخت از پایین به بالاست. در روش اول، ساختارهای نانو به کمک ابزارها و تجهیزات خیلی دقیق از خرد کردن ذرات حاصل می شوند. در طراحی و ساخت از پایین به بالا که آنرا فناوری مولکولی می نامند، تولید ساختارهای نانو از اتم به اتم یا مولکول به مولکول صورت می گیرد. مواد در این مقیاس از خود ویژگیهای جدیدی نشان می دهند که با استفاده از آن امکان ساخت موادی با خصوصیات مورد نظر فراهم می شود. در این زمینه سهم بعضی از اختراعات عناصر پایه، صعودی بوده که شامل نانوذرات، نانولوله ها، نانوالیاف و نانوسیم هاست.

بسیاری از محققان و سیاستمداران جهان معتقدند که علم نانو می تواند تحولات اساسی در صنعت جهانی ایجاد نماید، صنعت نفت نیز از پیشرفت این تکنولوژی بهره مند خواهد گشت. فناوری نانو در تمامی صنایع بالادستی نفت؛ اکتشاف، حفاری و استخراج نفت جایگاه ویژه های پیدا کرده است. علم نانو می تواند به بهبود تولید نفت و گاز با تسهیل جدایش نفت و گاز در داخل مخزن کمک نماید. نانوتکنولوژی دیدگاههای جدید جهت استخراج بهبودیافته نفت فراهم کرده است. این تکنولوژی به جدایش مؤثرتر نفت و آب کمک می کند. با افزودن موادی در مقیاس نانو به مخزن می توان نفت بیشتری آزاد نمود. همچنین می توان با گسترش تکنیک های اندازه گیری توسط سنسورهای کوچک، اطلاعات بهتری درباره مخزن بدست آورد.

کاربرد فناوری نانو در اکتشاف:

یکی از کاربردهای فناوری نانو در صنایع بالادستی نفت و گاز، استفاده از آن در لرزه نگاری است. عملیات لرزه نگاری با ایجاد انفجار در نقاط مختلف روی زمین و سپس ثبت شدت و دامنه لرزه های ایجاد شده، توسط دستگاههایی خاص انجام می شود. از اطلاعات لرزه نگاری می توان ساختار کلی لایه های زمین، محدوده مخزن، نوع سیال (اعم از گاز، آب یا نفت و...) را بدست آورد. دریافت اطلاعات در عملیات لرزه نگاری توسط حسگرهای خاصی صورت می گیرد. به نظر می رسد با ساخت نانوحسگرها می توان ثبت

لرزه ها را به صورت دقیق تر انجام داد، زیرا امکان وارد کردن این حسگرها در لایه های مختلف زمین و ثبت لرزه ها در موقعیت های گوناگون وجود دارد.

شرکت های نفتی بی پی و شل برای کشف و استخراج میدان های جدید نفت و گاز از فناوری نانو در تصویر برداری لرزه ای و لرزه نگاری چهاربعدی استفاده می کنند. همچنین شرکت تگزاس از ابزار MEMS که در آن از فناوری نانو استفاده شده، برای تهیه داده های لرزه نگاری چاههای نفت و گاز استفاده کرده است. این ابزار، داده ها را به صورت دقیق تر و کم حجم تر ثبت می کنند. به طور خلاصه کاربرد فناوری نانو در ابزار مربوط به عملیات اکتشاف نفت و گاز می تواند به دریافت اطلاعات دقیق تر و به خصوص اخذ اطلاعات از اعماق بسیار زیاد و به تبع آن شناخت جامع تر مخزن کمک کند.

کاربرد فناوری نانو در حفاری:

در تمامی فرآیندهای حفاری چاههای نفت و گاز، به موادی مستحکم و مطمئن احتیاج است. با ساخت مواد در مقیاس نانو می توان تجهیزاتی سبک تر، مقاوم تر و محکم تر از محصولات فعلی را تولید کرد. کاربرد عمده فناوری نانو در عملیات حفاری؛ ساخت سیالات و ابزار حفاری است که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد.

۱- کاربرد در گل حفاری

گل حفاری نقش بسیار عمده ای در تسریع یا تأخیر انجام عملیات حفاری دارد. این سیال وظایف بسیاری در عملیات حفاری دارد؛ مانند انتقال خرده های حفاری به سطح، خنک نگه داشتن مته حفاری، جلوگیری از ریزش دیواره چاه، کنترل فشار دیواره ها و انتقال توان هیدرولیکی پمپ به مته حفاری که بدون آن عملیات حفاری امکان پذیر نیست. حصول به خواص مورد نیاز در گل حفاری با افزودن مواد شیمیایی خاص؛ مانند پلیمرها، وزن دهنده ها و ... امکان پذیر است. فناوری نانو با تغییر ساختار اتم های مواد می تواند به پیشرفت این بخش نیز کمک کند. خواصی همچون چگالی مناسب با استفاده از نانو افزودنی ها قابل حصول است. ویسکوزیته مناسب نیز با اضافه کردن نانو افزودنی هایی که خاصیت روغن کاری دارند بدست می آید. خواصی مانند قابلیت انتقال توان هیدرولیکی و تراکم پذیری از مهم ترین عواملی هستند که به نظر می رسد با استفاده از نانوکامپوزیت ها، نانولوله های کربنی و برخی از نانوپودرهای سرامیکی سخت با وزن مخصوص مناسب (نظیر نانوپودرهای کاربیدسلیسیم) قابل دستیابی است.

خواص تیکسوتروپیک گل حفاری نیز می تواند با نانو افزودنی ها محقق شود. اگر احیاناً عملیات حفاری قطع شد، گل می بایست به حالت ژلاتینی درآمد و مانع از ته نشین شدن کنده های حفاری شود و از گیر کردن ابزار حفاری در درون چاه جلوگیری کند. همچنین گل ژلاتینی باید به گونه ای باشد که با کمترین تنش از حالت ژلاتینی به حالت روان درآید و مجدداً خاصیت تیکسوتروپیک گل را برگشت دهد.

بارن و همکارانش در سال ۲۰۰۳ موفق به تولید نانو موادی شدند که با اضافه کردن آن به سیالات، یک نوع کف خاص را تولید می کنند. از این کف می توان در ساختن گل های حفاری سبک که با آن حفاری غیرتعدالی را انجام می دهند، استفاده کرد. این کف قابلیت انتقال ضایعات حفاری به سطح را نیز دارد.

۲- کاربرد در ساخت ابزار و مته های حفاری

در عملیات حفاری، مته اصلی ترین نقش را در چاه دارا است. مته حفاری که در پایین ترین قسمت رشته حفاری یک چاه در حال حفر واقع است، وظیفه خرد کردن سنگ ها و پیشبرد عملیات را برعهده دارد. کاربرد اصلی فناوری نانو در مته های حفاری به صورت نانو پوشش ها است. عده ای از محققین موفق به ساخت لوله های نانوکامپوزیتی ویژه ای شده اند که دارای جداره های ضد خوردگی و عایق حرارتی هستند و در مقابل دما و فشار بالا مقاومت خوبی از خود نشان می دهند. از این رو می توانند جایگزین لوله های رشته حفاری گردند.

کاربرد نانوفناوری در استخراج نفت:

فناوری نانو می تواند نقش مهمی در این بخش داشته باشد. استفاده از فناوری نانو می تواند موجب تسهیل و تسریع عملیات و در نهایت منجر به افزایش تولید از چاهها شود. از کاربردهای فناوری نانو در بهره برداری از چاهها می توان به موارد ذیل اشاره کرد.

۱- کاربرد در سیمان کاری چاهها

سیمان کاری دقیق لوله های جداری در عملیات حفاری از اهمیت ویژه ای برخوردار است، بطوریکه اگر کیفیت سیمان بندی پایین باشد، مشکلات عدیده ای در زمان تولید از چاه بوجود خواهد آمد. نوع سیمان های مورد استفاده در عملیات سیمان کاری به نوع عملیات و وضعیت چاه و لایه ها بستگی دارد. سیمان باید خواصی مانند بندش، پمپ شوندگی، ویسکوزیته مناسب و سختی نهایی قابل کنترلی را داشته باشد. خصوصیات مذکور را می توان با استفاده از نانو افزودنی ها تأمین کرد. نانو ذرات با اضافه شدن به سیمان به خاطر خواص میان کوانتومی و توده مواد، باعث به وجود آمدن کیفیت مناسب آن می شوند. یکی از خصوصیات بارز این ذرات آن است که پس از اضافه شدن، تمام مخلوط یکسان شده و به تبع آن باعث یکنواختی خواص سیمان می شود.

شرکت Nano Product از نانو ذرات سیلیکات کلسیم در سیمان استفاده کرده است که سیمان حاصل قابلیت کاربری در دماهای بالا را یافته و می تواند گزینه مناسبی برای چاههای عمیق یا چاههای ژئوترمال باشد. محصول نانو افزودنی ترکیبگر (Combiner) که از سیلیکای آمورف در ساختن آن استفاده شده است، به واسطه دانه ریز بودن ذرات تشکیل دهنده اش، خواص ویژه ای، از لحاظ پایداری، کیفیت و قابلیت استفاده شدن به سیمان چاهها را می دهد. همچنین دوغاب سیمان حاصل، کاملاً پایدار شده و آب اضافی گرفته می شود. با توجه به وزن مخصوص مناسب، این محصول در دوغاب های سبک، بسیار عالی عمل می کند.

۲- سنسورهای جدید در خدمت بهبود استخراج نفت

یک کنسرسیوم تحقیقاتی با بودجه چند میلیون دلاری با عنوان کنسرسیوم انرژی پیشرفته (ECA) برای توسعه کاربردهای فناوری نانو و میکرو جهت افزایش تولید نفت و گاز، در دانشگاه تگزاس تشکیل شده است. مؤسسه علم و فناوری نانو مقیاس ریچارد اسمالی در دانشگاه رایس، که دارای متخصصان فناوری نانو است، همکار فنی این کنسرسیوم خواهد بود. محققان زمین شناسی معتقدند که با بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی مخازن موجود نفت و گاز می توان نفت و گاز بیشتری استخراج کرد. با استفاده از فناوری های موجود برای استخراج نفت و گاز، معمولاً ۶۰ درصد منابع

نفت و گاز بعد از بازیابی اولیه و ثانویه و حتی در بعضی مواقع در سومین بازیابی در زیر زمین باقی می ماند. هدف اصلی این کنسرسیون تولید حسگرهای میکرو و نانوی هوشمندی است که بتوان آنها را به مخازن نفت و گاز تزریق کرد تا به کمک آنها فضای سه بعدی طراحی شود و از این طریق بازیافت منابع هیدروکربن جدید و موجود بهبود یابد. شرکت های خصوصی Halliburton Energy, Incorporated, Conoco Philips, Bp America Inc, Barker Hughes و Marathon Oil Corp و Services Inc از حامیان مالی این کنسرسیون هستند. این کنسرسیون از دانشگاهها و محققان برتر دنیا درخواست خواهد کرد طرح های تحقیقاتی خود را ارائه کنند تا از میان آنها بهترین طرح انتخاب و روی آن سرمایه گذاری شود. کاربردهای فناوری نانو در صنعت نفت خام، تصویر جامعی از ذخایر موجود نفت و گاز ارائه خواهد کرد. در این راستا کنسرسیون ECA زیربنای توسعه تحقیقات رقابتی را در این حوزه فراهم می سازد و به محققان جوان گوشزد می کند که در بلند مدت، صنعت سرمایه گذاری چشمگیری در این حوزه انجام خواهد داد.

۳- کاربرد در عملیات مشبک کاری

جنس مواد بکار رفته در ابزار مشبک کاری اهمیت حیاتی در انجام این فرآیند دارد و در این میان نانومواد، پتانسیل خوبی جهت بکار گرفته شدن دارند. همچنین، یک سری مواد نانوساختار که پس از عملیات مشبک کاری پس از زمان مشخصی از بین می روند، می توان استفاده کرد. بدین ترتیب در این فرآیند نیازی به فلز دوم برای از بین بردن فلز اول وجود ندارد.

پیشرفت های اخیر در زمینه مهندسی سطح با استفاده از پوشش های هوشمند و تکنولوژی های پوشش دهی کنترل بهتر اصطکاک و سایش را در تماس های سطحی ارائه می دهد. در برخی از پوشش ها به علت جذب سولفورها و فسفرها باعث کاهش ویسکوزیته شده و خواص روانروی بهتری را در سیال موجب می شوند. جدیدترین تکنولوژی های در دست انجام منجر به تولید نانوکامپوزیت ها و نانوپوشش های ابرساختار شده است که به افزایش عمر قطعه پوشش داده شده و کاربردهای دیگر تولید خواهد پرداخت. گاهی این پوشش ها طوری طراحی می شوند که با موادی که به عنوان مثال در لوله های نفت حرکت می کنند واکنش داده و یک لایه مرزی بسیار سخت و متراکم را تشکیل می دهند که هم باعث عدم خوردگی می شود و هم جلوگیری از اصطکاک می کند. گاهی پوشش هایی که خاصیت روغنکاری در حالت جامد دارند باعث بهبود خواص سطحی می شوند که باعث لغزش آسان روی سطوح پوشش داده می گردند. در سال های اخیر گونه ای از پوشش های نانوساختار که از فازهای فلزی و سرامیکی تشکیل شده اند، تولید گشته اند. این پوشش ها معمولاً با روش PVD یا MBE تولید می شوند. این پوشش ها به علت نانوساختار بودنشان و هموزیته یکسان آن در طول پوشش به طور قابل توجهی چندکاره می باشند. این پوشش ها علاوه بر سختی بالا، ضریب اصطکاک پایین را دارا بوده و خواص هدایت الکتریکی یا حرارتی بالایی دارند. سختی آنها در حد ۴۰ تا ۶۰ گیگا پاسکال و ضریب اصطکاک آنها ۳-۴ در مقایسه با سطح فولاد می باشد. برایان بورن و کنت گراهام کوان از شرکت MCDONNELL BOEHNEN و BERGHOFF LLP & HULBERT با ترکیب ۹۰٪ وزنی پودر تنگستن و ۱۰٪ وزنی پودر بایندر (Binder) که بصورت هرمی شکل داده شده است، موفق به تولید گلوله هایی (Jet Perforator) شده اند که برای مشبک سازی لوله های جداری مناسب هستند. این مواد ساختار کریستالی دارند که اندازه دانه هایشان بین ۲۵ نانومتر تا ۱ میکرون است.

کاربرد فناوری نانو در مهندسی و مدیریت مخزن:

مدیریت مخزن، عبارت است از اتخاذ بهترین تصمیمات ممکن و اجرای آن توسط شرکتهای تولیدی نفت و گاز که آنها را در دستیابی به اهداف و انجام تعهدات از پیش تعیین شده خود در تولید، قادر می سازد. اتخاذ این تصمیمات مستلزم شناخت کامل مخزن و عملکرد آن است. فناوری نانو در بخش مهندسی مخزن می تواند مؤثر واقع شود.

همانگونه که اشاره شد، با ساخت نانوحسگرهای جدید می توان اطلاعات بسیار دقیقی از مخزن و عملکرد آن بدست آورد. از قابلیت های فناوری نانو در این بخش می توان به ساخت ابزارهای مورد استفاده در انجام آزمایش چاهها مانند ابزارهای اندازه گیری فشار و دما اشاره کرد. ساخت ابزارهای حافظه دار نمونه گیری درون چاه برای انجام آزمایش های PVT و سایر آزمایش های مخزن و نیز ساخت نانوابزارهای آزمایش سیالات مخزن و نمونه گیری از سنگ مخزن، از دیگر قابلیت های فناوری نانو در مهندسی مخزن است. در حال حاضر کاربرد فناوری نانو در افزایش برداشت از مخازن مورد توجه بسیار جدی قرار گرفته است. نانوموادهایی مانند پلیمرها و افزایه های شیمیایی کریستالی جهت استفاده در روش های ازدیاد برداشت از مخازن می توانند منجر به افزایش بیش از حد انتظار تولید شوند. انجمن فناوری نانو و بیومهندسی استرالیا-AIBN- گام مهمی را در این راستا برداشته است. آزمایش ها و تحقیقات انجام شده به عمل آمده منجر به ساخت نوعی از نانو مواد به نام پپفکتانت (Pepfactant) شده است که می تواند جریان امولسیون را کنترل و در تمامی مراحل بالادست و پایین دست نفت و گاز کاربرد عمده داشته باشد. این مواد توانایی جداسازی سریع دو فاز مخلوط ناشدنی مانند نفت و آب را دارند. یکی از کاربردهای عمده این نانومواد در مخازن تزریقی آب است که قابلیت جداسازی سریع آب را در سطح و شاید هم در مخزن امکان پذیر می سازد. با توسعه این نانو مواد همچنین قابلیت تغییر ویسکوزیته نفت را دارد و می توان آن را به جای عملیات حرارتی در مخازن به کار برد.

گرایش صنعت نفت به سمت نانوفناوری، به منظور توسعه مخازن در حال اتمام

فرایند اکتشاف نفت و گاز رو به افول است و از سال ۱۹۹۹، پنج شرکت بزرگ نفتی جهان تنها ۸۲ درصد از مخازن مصرف شده خود را جایگزین کرده اند. مارک بونگر، مدیر تحقیقات لوکس ریسرچ، درباره استفاده از فناوری نانو در این حوزه گفت: " نفت زیرزمینی در حفره های نانومقیاس قرار دارد و از این رو نانوکاتالیست های اصلاح شده می توانند نفت های سنگین را به نفت های سبک (که ارزشمندترند) تبدیل کنند". گزارش مذکور به مطالبی در مورد مؤسسات تحقیقاتی، پروژه های R&D و شرکت های نوپا که به جنبه های نفتی فناوری نانو مرتبط هستند، پرداخته است. برای انجام پروژه های R&D در این حوزه، مشکل مالی وجود دارد. گول های نفتی دنیا تنها ۰/۲ تا ۰/۵ درصد از درآمد خود را به R&D اختصاص می دهند و این مقدار ۵۰ تا ۱۰۰ برابر کم تر از سایر بخش ها مانند هوافضاست.

با بالا رفتن قیمت نفت، شرکت های نوپا کاربردهای نفتی را در اولویت قرار داده اند. به عنوان مثال شرکت Intrinsiq Materials به دنبال ساخت سوراخ کن های انفجاری صخره هاست. یکی دیگر از موانع پیشرفت در این حوزه، عدم همکاری شرکت های بزرگ است. رقابت فزاینده بین شرکتهای نفتی بین المللی مانند شل (که سابقه خوبی در استفاده از فناوری های جدید دارد) و شرکت های نفتی ملی مانند گازپروم (که دارای مخازن نفتی بسیار است)، مانع از انجام پروژه های مشترک توسط

آنها می گردد. برای دستیابی به نتایج تحقیقاتی مناسب، باید شرکت های نوپا و مؤسسات دانشگاهی نیز به این دو گروه اضافه شوند. بونگر افزود: " به طور میانگین، ۳۲ سال طول کشیده است تا فناوری جدیدی تا حد ۵۰ درصد در اکتشاف نفت و گاز به کار گرفته شود. برای تسریع این روند، شرکت های ملی باید با سرمایه گذاران و شرکت های نوپای دارای فناوری های نفتی جدید، همراه شوند و شرکت های بین المللی نیز باید حداقل ۱ درصد از درآمد خود را به R&D اختصاص دهند".

تلاش عربستان برای استفاده از نانوفناوری در مخازن نفتی

به تازگی تحقیقاتی در کشور عربستان سعودی به منظور استفاده از فناوری نانو برای ساخت مخازن نفتی در این کشور آغاز شده است. مرکز تحقیقاتی EXPEC ARC، ربات های نانومقیاسی با نام Resbot طراحی کرده است که می توانند با نفوذ در درون مخازن نفتی، خصوصیات مکانیکی دیواره را بهتر از هر روش دیگری، اندازه گیری و در حافظه خود ذخیره کنند. برخلاف تصور عمومی، مخزن نفتی به شکل صخره ای سخت (مانند دیوارهای یک خانه) است. نفت در بین حفره های کوچک صخره هاست و راهروهای کوچکی که "نای حفره ای" نامیده می شوند، حفره ها را به هم متصل می کنند. تحقیقاتی که اخیراً توسط EXPEC ARC روی مخزن D-Arab در Ghawar انجام شده، نشان می دهد که بیشتر نای های حفره ای بیش از ۵۰۰ نانومتر قطر دارند. یکی از مسائل مهم در طراحی Resbot ها اندازه آنها از میان نای است. برای این کار، در آزمایشی که هم اکنون در حال انجام است، ربات های مذکور را به درون مخازن Ghawar تزریق می کنند و ذرات خروجی را می شمارند. می توان Resbot ها را با افزودن یک نیروی محرکه و همچنین یک ابزار مخابره اطلاعات کارا تر ساخت. در کارگاه ATW که اخیراً با شرکت ۹۰ دانشمند، محقق و مهندس از ۲۰ کشور جهان و با حضور شرکت هایی چون Saudi Armco Chevron، BP، Shell و Total و دانشگاههایی چون MIT و Rice برگزار شد، محور مباحث Resbot ها بود و ابزارهای لازم برای تولید این ربات ها، چالش ها و راه کارها و همچنین همکاران و سرمایه گذاران در این حوزه بررسی شدند.

نتیجه گیری:

فناوری نانو با ماهیت فرارشته ای خود، مرزهای علوم مختلف را شکسته و زمینه را برای استفاده از نتایج، امکانات و ابزار تمامی علوم در جهت افزایش کیفیت زندگی فراهم کرده است. دولت ها و صنایع مشاهده کردند که نانو تکنولوژی یک موقعیت بی نظیر اقتصادی را بوجود می آورد که با آن عمر مفید مواد و محصولات افزایش می یابد، سرعت تولید زیاد می شود، باعث حفظ محیط زیست و افزایش بهره وری می شود. توانایی دانشمندان در نظارت و کنترل رفتار مواد در مقیاس نانو این امکان را بوجود می آورد که محصولات جدید با خواص ویژه تولید شوند. در مقیاس نانو، مواد شامل خواص جدید و غیر منتظره ای هستند که یک فرصت واقعی در جهت تولید مواد هوشمند بوجود می آورند. این محصولات مواد اولیه و انرژی کمتری برای تولید لازم دارند و همچنین تکنولوژی در مقیاس نانو این امکان را بوجود می آورد که تولیداتی پاک تر و بی زیان تر بوجود آیند و محصولات ارزانتر و با قابلیت های بیشتر حاصل شوند.

همانطور که به طور خلاصه اشاره شد، فناوری نانو کاربردهای فراوانی در صنعت نفت پیدا کرده است، بکارگیری این تکنولوژی در صنایع بالادستی نفتی می تواند پیشرفت چشمگیری در تمامی فعالیتهای نفتی ایجاد کرده و انقلاب بزرگی در این صنعت ایجاد

کند. ایران نیز به عنوان یکی از مالکین اصلی نفت و گاز با قدمت بیش از یک قرن، می تواند با برنامه ریزی لازم در جهت نائل شدن به پیشرفت های مناسب و درخور، در این راه گام بردارد. با توجه به وضعیت منابع نفت و گاز در کشور، جهت ایجاد رویکردی جدی، تلاش و برنامه ریزی منسجم مورد نیاز است.

منابع:

- بوکر ریچارد ، بویسن ارل (۱۳۸۷) نانو فناوری برای همه.
رحمانی اهرنجانی رامین ، قربان پور ارانی علی ، شکروی مریم (۱۳۸۸) مقدمه ای بر نانو فناوری.
دکتر حبیبی سیما، مهندس محمدی شادپور مهدی ، مهندس توکلی محسن (۱۳۹۰) نانو تکنولوژی و پیدایش کاربردهای جدید.
سزاوار علیرضا (۱۳۸۶) فن آوری نانو به نفع انرژی؛ بازار سوخت به سمت نانو می چرخد، مشعل.
احمدپور علی ، پیرمرادی هادی (۱۳۸۷) مروری بر کاربردهای فناوری نانو در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، ماهنامه فرآیند نو.

www.nano.gov

www.nanatechinsitute.org