

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

IN THE NAME OF GOD



فناوری نانو در صنایع نفت و انرژی و کاربردهای آن



رأست جمهوری  
معاونت علمی فناوری  
ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

عنوان: فناوری نانو در صنایع نفت و انرژی و کاربردهای آن  
تنظیم و تدوین: کارگروه صنعت و بازار ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

نشانی: تهران، خیابان ستارخان، خیابان شهید حبیب الهی - بلوار شهید متولیان - پلاک ۹

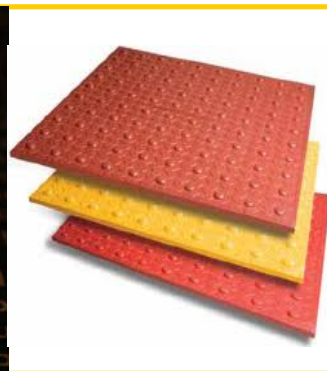
صندوق پستی: ۳۴۴-۱۴۵۶۵

تلفن: ۴-۶۱۰۰۲۲۵۱

دورنگار: ۶۱۰۰۲۲۲۲

پایگاه اینترنتی: [www.nano.ir](http://www.nano.ir)

پست الکترونیکی: [im@nano.ir](mailto:im@nano.ir)







## کلیات بکارگیری فناوری نانو در صنعت انرژی و نفت

در چند دهه اخیر محققان به دنبال یافتن فناوری‌های جدیدی در حوزه انرژی بوده‌اند تا زندگی روی کره زمین را بهبود بخشند. فناوری نانو این قابلیت را دارد که تقریباً تمام حوزه‌های مربوط به انرژی را تحت تأثیر قرار داده و موجب بهبود آنها شود. می‌توان کاربردهای فناوری نانو در بخش انرژی را به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

- کاربردهای فناوری نانو در تولید انرژی
- کاربردهای فناوری نانو در ذخیره‌سازی انرژی
- کاربردهای فناوری نانو در انتقال انرژی
- کاربردهای فناوری نانو در مصرف انرژی

نگرانی‌هایی که در زمینه تغییرات آب و هوایی ناشی از انتشار گازهای کربنی در جو وجود دارد، تمام کشورهای دنیا را مجبور کرده است تا به دنبال یافتن راه‌هایی برای کاهش میزان انتشار این گازها باشند. انگلیس قانونی تصویب



کرده است که بر اساس آن باید تا سال ۲۰۵۰ میزان انتشار این آلاینده‌ها را تا ۶۰ درصد کاهش دهد. همچنین اتحادیه اروپا تصمیم گرفته است تا سال ۲۰۲۰ به میزان ۲۰ درصد از پخش گازهای گلخانه‌ای کم کند.

برای رسیدن به این اهداف، فناوری‌های جدید نقش بسیار مهمی ایفا خواهند کرد. تأکید این فناوری‌ها در کوتاه مدت بر

استفاده بهینه از منابع موجود، و در بلند مدت بر توسعه منابع جدید انرژی خواهد بود. تاکنون سرمایه‌گذاری زیادی توسط کشورهای مختلف روی فناوری نانو صورت گرفته است و انتظار می‌رود این فناوری جدید سلاح موثری در مبارزه علیه تغییرات آب و هوایی باشد. یکی از مثال‌های به‌کارگیری فناوری نانو در این زمینه، عایق‌بندی بهتر ساختمان‌ها با استفاده از آئروژل‌هاست که می‌تواند میزان نشر گازهای کربنی ناشی از کاربردهای انرژی در منازل را تا ۳۰ درصد کاهش دهد. همچنین مواد سبک‌تر و مستحکم‌تری که در خودروهای شخصی، اتوبوس‌ها و هواپیماها استفاده می‌شوند، می‌توانند مصرف انرژی این وسایل نقلیه را تا حد زیادی کاهش دهند. در عین حال پیشرفت‌هایی که در حوزه پیل‌های سوختی و خودروهای هیبریدی صورت گرفته است، بزرگ‌ترین شرکت‌های خودروسازی دنیا را ترغیب کرده است تا خودروهایی تولید نمایند که میزان انتشار گازهای آلاینده در آنها بسیار پایین و یا حتی صفر است. به علاوه، استفاده از کاتالیزورهای سوخت می‌تواند کارایی سوخت‌های دیزلی را تا ۱۰ درصد افزایش دهد. در ادامه به کاربردهای مهم فناوری نانو در زمینه انرژی پرداخته خواهد شد.

### ۱- پیل‌های خورشیدی

پیل‌های خورشیدی یا فتوولتائیک، انرژی خورشید را به الکتریسیته تبدیل می‌کنند. مقدار انرژی که از خورشید به کل سطح زمین می‌رسد، خودش به تنهایی برای تامین تقاضای جهانی الکتریسیته کافی است. یک پیل فتوولتائیک خورشیدی مبتنی بر دیود از مواد نیمه‌رسانایی تشکیل می‌شود که بین دو لایه الکتریکی ساندویچ شده‌اند. نور خورشید از لایه بالایی عبور کرده، در لایه نیمه‌رسانا جذب شده و الکترون‌ها و حفره‌هایی را تولید می‌کند که در نقاط مختلف تماس پخش می‌شوند. این الکترون-حفره‌ها با دیود موجود در این ساختار از هم جدا شده و این بارها جریانی را در مدار پدید می‌آورند. هنگامی که پیل‌های خورشیدی به تجهیزات الکتریکی از قبیل چراغ‌ها وصل می‌شوند، الکتریسیته مستقیم تولید می‌گردد. پیل‌های خورشیدی به طور یکپارچه در کنار هم در آرایه‌های بزرگ‌تر به منظور تولید الکتریسیته کافی قرار داده می‌شوند.

از لحاظ تئوری در این پیل‌ها می‌توان از تمام طیف مرئی از نزدیک فروسرخ تا فرابنفش استفاده نمود. در حال حاضر پیل‌های خورشیدی سیلیکونی معمول‌ترین این نوع پیل‌ها بوده و ۹۰٪ بازار سال ۲۰۰۴ را تشکیل می‌دادند.

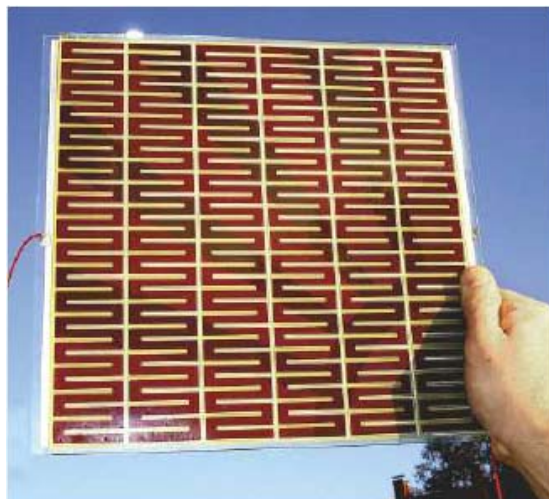


در عین حال تولید آنها هزینه‌بر بوده و این امر کارایی آنها را محدود کرده است. در کارآمدترین این نوع پیل‌ها از همان سیلیکون تک بلوره صنعت نیمه‌رساناها استفاده می‌شود و انتظار می‌رود طی چند سال آینده میزان تقاضای آن بیش از عرضه شود.

بهره تبدیل در اکثر مدل‌های تولیدی حدود ۱۴ درصد است و در آزمایشگاه به ۲۵ درصد هم می‌رسد. از سوی دیگر در حال حاضر بهترین پیل‌های خورشیدی مربوط به گروه چندترکیبی پیل‌های خورشیدی نیمه‌رسانای III-V چند لایه (دو یا سه لایه) است و بالاترین بازدهی آن ۳۴ درصد می‌باشد (مثال‌هایی از این مواد عبارتند از: گالیم، ایندیم، ژرمانیوم و ترکیبات آنها با آرسنیک، سلنیوم و تلوریم). در عین حال هزینه این قبیل پیل‌ها آن قدر زیاد است که عمده‌تاً تنها در کاربردهای خاص (مثلاً تامین برق سیستم ماهواره‌های فضایی) بکار می‌روند. در هر دو حالت هزینه هر واحد برق تولید شده از آن حداقل چندین برابر تولید همان مقدار برق با سوخت‌های فسیلی است. در فناوری پیل‌های خورشیدی کاهش هزینه و افزایش بازده توجه عمده محققان را به خود اختصاص داده است. این کار با استفاده از مواد ارزانتر و طراحی فرآیندهای تولید ارزانتر امکانپذیر است. بازدهی پیل‌های خورشیدی به میزان توانایی آنها در استفاده هر چه بیشتر از نور فرودی بستگی دارد. تمام مواد فتوولتائیک فوتونهای دارای طول موج معین را جذب می‌کنند و هر چیز دیگری غیر از آن یا جذب نشده (و بنابراین از دست می‌رود) و یا انرژی اضافی بصورت گرمای تابشی آزاد شده و باز هم تلف می‌شود. اما به نظر می‌رسد فناوری نانو راه‌حلی برای کاهش هزینه و افزایش بازدهی داشته باشد.

در پیل‌های خورشیدی توانمند شده با نانو، برای افزایش کارایی و کاهش وزن از نانومواد استفاده می‌شود. این پیل‌ها نه تنها در پشت‌بام‌ها یا ماشین‌حساب‌های ارزان‌قیمت به کار می‌روند، بلکه در مواد ساختمانی، وسایل الکترونیکی، و تجهیزات نظامی نیز مورد استفاده قرار خواهند گرفت. دلیل اصلی علاقه به پیل‌های خورشیدی جستجو برای یافتن منابع انرژی جایگزین برای سوخت‌های فسیلی است، با این حال باید دید که آیا پیل‌های خورشیدی توانمندشده با نانو بر مشکلات ناشی از هزینه غالب خواهند شد یا نه.

ابزارهای جدیدی چون پیل‌های خورشیدی آلی حساس به رنگ (یاهمان پیل‌های گریترل) از روشی شبیه فتوستنز بهره می‌گیرند؛ به این ترتیب که مولکول رنگ با جذب یک فوتون نوری، الکترونیایی را تولید می‌کند که این الکترون‌ها به نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم (که مولکولهای رنگی به آن متصل هستند) منتقل شده و روی الکترودها انتقال می‌یابد. هزینه تولید چنین ابزارهایی حدود ۶۰ درصد کمتر از پیل‌های سیلیکونی است. اما در عین حال بازدهی آنها پایین است (مدل‌های آزمایشگاهی آن حداکثر ۱۰ درصد). پلیمرهای نیمه‌رسانا جایگزین دیگری برای سیلیکون به شمار می‌روند. مکانیسم کار این پلیمرها مشابه نیمه‌رساناهای آلی است. این پلیمرها باندهای گسترده‌ای دارند که ساختار باندی آن مشابه سیلیکون بوده و برای انتقال الکترون از باندهای غیررسانا به باند رسانش (یا همان شکاف باندی) به انرژی ورودی نیاز دارند. اما در عین حال اینها هم بازدهی بالایی ندارند. به نظر دانشمندان نقاط کوانتومی بیشترین بازده را دارند، زیرا با تغییر اندازه (یا ترکیب) این نقاط، می‌توان آنها را طوری تنظیم نمود که هر طول موجی از طیف مرئی را جذب کنند. همچنین این نقاط به دلیل اندازه کوچکشان بازدهی انرژی بالاتری داشته و بجای یک الکترونی که در فناوری‌های سیلیکونی موجود آزاد می‌شود، سه الکترون به ازای هر فوتون آزاد می‌کنند. به این ترتیب با قراردادن لایه‌های چندتایی از این نقاط کوانتومی که برای جذب طول موجهای مختلف تنظیم شده‌اند، می‌توان در مجموع به بازدهی ۸۶/۵ درصد رسید.



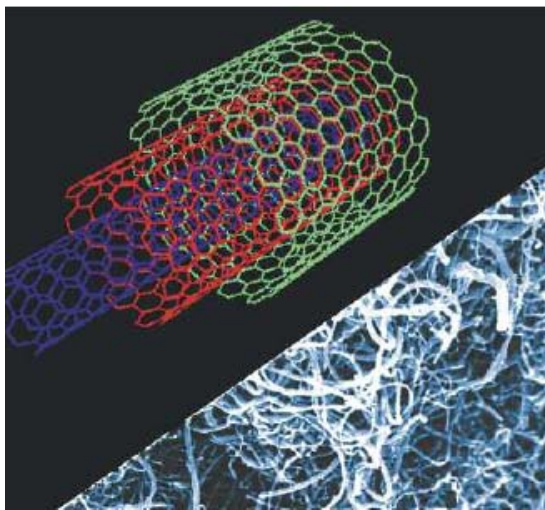
انتقال بار نیز در بازدهی دارای اهمیت زیادی است. در فیلمهای نازک یا پیل‌های چند لایه انجام این کار به یک ساختار بلوری منظم نیاز دارد. در پیل‌های رنگی و پلیمری به الکترولیتی برای انتقال الکترون از پذیرنده نوری به الکترودها نیاز داریم. اما در پیل‌های نانوذره‌ای برای اینکار یا باید الکترولیت داشته باشیم یا آنکه این ذرات آنقدر به هم نزدیک باشند که بتوانند بار را مستقیماً انتقال دهند. تمامی اینها موضوعاتی است که باید به آنها پرداخته شود. به هر حال در تمام این موارد، هم پذیرنده نوری و هم قطعات انتقال دهنده بار باید بهینه سازی شوند. بعنوان مثال می‌توان از مولکولهای رنگی جدیدی استفاده کرد که بتوانند تمام قسمتهای مختلف طیف مرئی را جذب کنند و یا می‌توان با پایدارسازی الکترولیت‌ها (از عوامل محیطی) این کار را انجام داد و یا از طریق یک شبکه حمایتی، توزیع یکنواختی از نانو ذرات ایجاد نمود. تمام این موارد ما را از انتقال موثر بار مطمئن می‌سازد. اغلب متخصصان بر این باورند که فناوری نانو تا سال ۲۰۱۵ در پیل‌های خورشیدی نقشی اساسی خواهد داشت و در این بین موفق‌ترین کاربرد از آن فیلمهای نازک خواهد بود.



## ۲- انرژی باد

گذار به ژنراتورهای بادی با توان بیشتر و بالاتر که در چند سال گذشته مشاهده شده منجر به ایجاد چالش‌هایی در ارتباط با ظرفیت بار مکانیکی مواد و قطعات گردیده است. بکارگیری فناوری نانو توانسته است راه حل‌هایی اساسی برای حل این مشکل ارائه کند مانند استفاده از مواد کامپوزیتی مبتنی بر نانولوله‌های کربنی برای تیغه‌های روتور

سبک وزن با استحکام بالا. فرآورده‌های نانوساختار قادر به بکارگیری تاثیرات تقلید از محیط زیست که از طبیعت وام گرفته شده می‌باشند که اثرات گردابی در پره‌های روتور را خنثی می‌کنند و بنابراین انرژی ورودی را بهینه می‌کنند. کامپوزیت‌های نانولوله کربنی همچنین قادر به حفاظت در برابر صدمات ناشی از برخورد‌های نوری که علت اصلی بیش از ۱۰٪ خرابی در ژنراتورهای بادی می‌باشد، هستند. نه تنها این قطعات خواص مکانیکی مورد نظر را برآورده می‌کنند، بلکه هدایت الکتریکی فوق‌العاده‌ای از خود نشان می‌دهند. در زمینه کامپوزیت‌های پلیمری، میزان تقریبی ۱٪ نانولوله کربنی کافی است تا شبکه پیوسته‌ای از نانولوله‌های کربنی که هدایت الکتریکی بالایی از کامپوزیت پلیمری را نشان می‌دهند تشکیل گردد. این قبیل مواد همچنین یک پتانسیل بالقوه‌ای برای سپرهای الکترومغناطیس برای کنترل الکترونیک در ژنراتورهای بادی به حساب می‌آیند. پوشش‌های سخت نانومقیاس برای حفاظت چرخ دنده‌ها بکار گرفته می‌شوند.



کامپوزیت‌های نانولوله کربنی با استحکام بالا و هدایت الکتریکی مناسب می‌توانند در تیغه‌های روتور ژنراتورهای بادی بکار گرفته شوند.

### ۳- نانومواد برای تبدیل انرژی ترموالکتریک

ترموالکتریک های نانو ساختار مورد توجه بسیاری قرار گرفته اند زیرا خواص الکتریکی و حرارتی مواد بطور خاص از اندازه ساختار متاثر می شوند. در آینده، مشخصه یابی خواص، ترکیب و ساختار در سطوح نانو طراحی مواد با خواص مطلوب را امکان پذیر خواهد ساخت؛ برای مثال مواد مناسب برای استفاده در محدوده دمایی بالای  $1000^{\circ}\text{C}$  از قبیل ترکیبات کبالت دار. «فوق شبکه»<sup>۱</sup> BiTe یا نقاط کوانتومی SbTe یا حتی مواد نانومقیاس اسکوترودایت<sup>۲</sup> اثر ترموالکتریک با بازدهی بالا از خود نشان می دهند. اسکوترودایت ها یک طبقه وسیعی از مواد مبتنی بر ترکیبات کبالت- آنتی موان هستند. فرآیندهای جدید اجازه تولید پودرهای نانومقیاس از این قبیل مواد با مرزهای دانه مستحکم را می دهد. تحت شرایط خاص، این قبیل مرزدانه ها اثر تفرقی بیشتری بر فوتونها نسبت به حامل های بار الکتریکی نشان می دهند. بنابراین نسبت هدایت الکتریکی به گرمایی و همچنین کیفیت مواد ترموالکتریک می تواند افزایش پیدا کند.



توسط ژنراتورهای ترموالکتریک، گرمای بدن در دست قابل تبدیل به جریان الکتریکی می باشد

1- "Super lattice"

2- Skutterudites

#### ۴- جداسازی دی اکسید کربن بوسیله غشاءهای نانوساختار

جدا کردن دی اکسید کربن از نیروگاه‌های سوخت زغال‌سنگ و ذخیره آن در حال حاضر یکی از توسعه‌های تکنولوژیکی برای نیروگاه‌های زغال سنگ عاری از گاز  $CO_2$  به شمار می‌رود. فناوری نانو قادر به توسعه فرآیندها برای جدایش انتخابی دی اکسید کربن توسط غشاءهای خاص می‌باشد. یک روش آن بطور مثال بوسیله غشاءهای پلیمری نانوساختار که توسط کاتالیست پوشش داده شده‌اند، می‌باشد که دی اکسید کربن به کربنات هیدروژن در حضور آب تبدیل می‌شود. کربنات هیدروژن جامد سپس می‌تواند به سادگی از دیگر اجزای گازی جدا گردد. یک روش دیگر به استفاده از نانولوله‌های سرامیکی بر می‌گردد که جدایش اکسیژن از هوا را با بازدهی بالا امکان پذیر می‌کند. اگر این اکسیژن خالص برای احتراق گازهای فسیلی مورد استفاده قرار گیرد، گاز خروجی منحصراً  $CO_2$  خواهد بود که به راحتی قابل جدایش و استفاده می‌باشد.

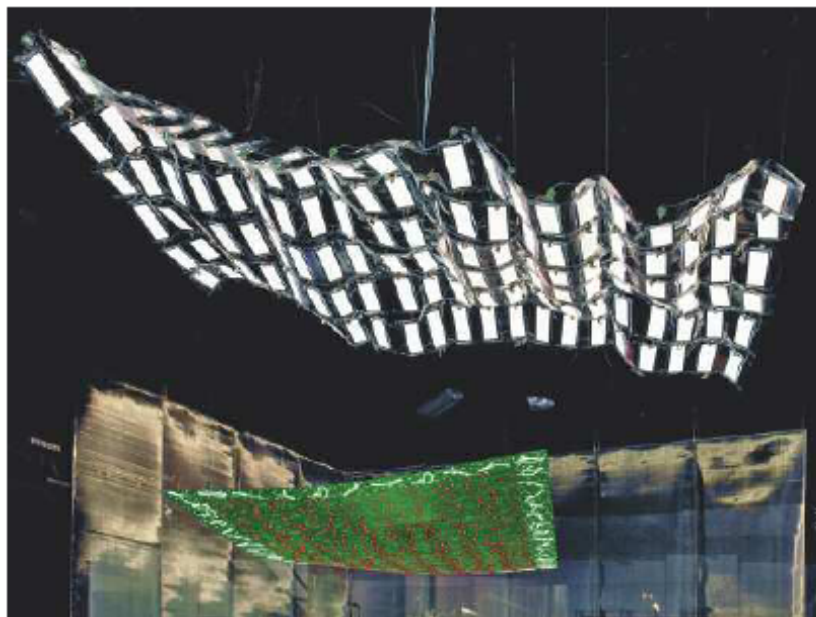
#### ۵- نانوکاتالیست ها برای تولید سوخت‌های پایه هیدروکربن

نانومواد از قبیل زئولیت و اکسیدهای فلزی نانوساختار برای یک بازه طولانی در مقیاس صنعتی به منظور تجزیه زنجیره‌های بلند هیدروکربن در پالایش نفت خام مورد استفاده قرار می‌گیرند. با کاهش منابع جهانی نفتی، اهمیت بازیابی مقادیر زیادی از زغال سنگ به عنوان منبعی برای سوخت‌های مایع و مواد شیمیایی خام در آینده بیشتر احساس می‌شود. تا به امروز، روش‌های تکنیکی شناخته شده برای مایع‌سازی زغال سنگ به دلیل بازده اقتصادی نامناسب با شکست مواجه شده است. بهبود روش‌ها، به خصوص در زمینه کاتالیست‌های نانوساختار می‌تواند به افزایش راندمان هیدروژناسیون زغال سنگ بطور قابل توجهی کمک کند. علاقه به مایع‌سازی زغال سنگ در حال حاضر به خصوص در چین مشاهده شده که کارخانجات پایلوت مختلفی در حال راه اندازی است. هدف نهایی بلند مدت کاهش هزینه‌های تولید دیزل سنتزی و بنزین سوختی از گاز طبیعی به کمک کاتالیست های نانویی می‌باشد.

#### ۶- انرژی روشنایی

کاربرد فناوری نانو در زمینه انرژی روشنایی در وهله اول مربوط به توسعه و استفاده از بازده انرژی LED بر پایه مواد نیمه‌هادی آلی و غیرآلی می‌باشد. به دلیل طراحی فشرده، طرح رنگ مختلف و بازده انرژی بالا تکنولوژی LED به عنوان پتانسیل بالقوه‌ای در روشنایی ساختمان‌ها و ماشین‌ها مطرح بوده است. با وجود توسعه کم دیودهای انتشار

نور آلی (OLED)، ظرفیت‌های بالقوه‌ای برای سطوح روشنایی وسیع و صفحات تلویزیونی بر زیرلایه انعطاف‌پذیر وجود دارد که اجازه ورود به زمینه‌های بسیاری از تجهیزات داخلی را می‌دهد. از طریق رویکرد فناوری نانو می‌توان بهینه‌سازی بیشتری برای LED توسط نقاط کوانتومی که به بهبود بازدهی انرژی و روشنایی کمک می‌کند، دست یافت. توسعه بیشتر OLED همچنین به نوآوری‌های فناوری نانو بستگی خواهد داشت که مربوط به بهینه‌سازی در زمینه مواد حامل، توالی و ضخامت لایه‌ها، استفاده از نفوذ دهند ها<sup>۳</sup> و خلوص مواد بکار رفته می‌باشد.



دیودهای انتشار روشنایی آلی (OLED).



## ۷- نیروی الکترونیکی بهینه شده توسط نانو

تبدیل و کنترل جریان‌های الکتریکی با توان بالا از طریق قطعات توان الکترونیکی در آینده از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد شد. مبدل‌های الکتریکی تبدیل توان با افت کمتر را به نحوی که برای مصرف‌کننده نهایی مطلوب باشد، امکان پذیر می‌کند؛ از طریق این روش بهینه‌سازی بازده توان توربین‌های بادی بوسیله تنظیم سرعت گردش به سرت باد ممکن می‌شود و نقش مهمی در انتقال انرژی از طریق کابل‌های زیردریا با طول بیشتر ایفا می‌کند. همچنین انرژی که بصورت غیر مرکزی از طریق فوتوولتائیک تولید می‌شود تنها پس از بکار بردن مبدل‌های توان الکتریکی قابل استفاده است.

توسعه بیشتر نیمه‌هادی‌های توان از طریق مواد با گاف انرژی زیاد مانند کاربید سیلیکون، یک نوع‌آوری رو به جلو به حساب می‌آید و از لحاظ اقتصادی می‌توان در ولتاژهای بالا (توان در خط آهن) یا دمای بالا (مانند کنترل اجزای موتور در ماشین) مورد بهره‌برداری قرار داد. پیشرفت مبدل‌های توان الکترونیک می‌تواند از طریق فناوری نانو سودآور باشد؛ برای مثال بوسیله بهینه‌سازی لایه نیمه‌هادی‌های با انرژی گاف وسیع یا حتی توسط بکارگیری نانو لوله‌های کربنی به عنوان سیم‌های اتصال متقاطع برای جریان‌های زیاد به منظور محدود کردن گرما.







## نانوسنسور لرزه‌نگاری بهتر

### معرفی/توصیف:

با ایجاد انفجار در نقاط مختلف روی زمین و ثبت لرزه‌های ایجاد شده، ساختار کلی لایه‌های زمین و مخزن به‌دست آورده می‌شود. این فرآیند براساس تفاوت سرعت حرکت صوت در لایه‌های مختلف انجام می‌گیرد. لرزه‌نگاری به‌صورت یک‌بعدی، دوبعدی، و سه‌بعدی انجام می‌شود. لرزه‌نگاری چهاربعدی همان لرزه‌نگای سه‌بعدی است که در زمان‌های مختلف انجام می‌شود. از این طریق می‌توان تشخیص داد که لایه‌های مختلف، حاوی گاز، نفت یا آب هستند.

### کاربرد/مزایا/معایب:

ایجاد نانوحسگرهای جدید برای ثبت لرزه‌ها به‌صورت دقیق‌تر و پربازده‌تر توانسته است این قسمت از بخش صنایع بالادستی نفت را متحول کند چرا که امکان وارد کردن نانوسنسورها در لایه‌های مختلف زمین و ثبت لرزه‌ها از موقعیت‌های متنوع‌تر به وجود آمده است. نانوتکنولوژی می‌تواند علاوه بر پیشرفت فوق با نانوساختار کردن ژئوفون‌ها به عملکرد سریع و ثبت اطلاعات صوتی دقیق‌تر منجر گردد.

**دارنده فناوری/محصول تجاری شده:**

شرکت انگلیسی British Petroleum<sup>۱</sup> و شرکت هلندی-انگلیسی Shell<sup>۲</sup> در فرانسه برای کشف و استخراج میدانهای جدید نفت و گاز از تکنولوژیهای نانو در تصویربرداری لرزه‌ای و لرزه‌نگاری چهاربعدی استفاده می‌کنند.

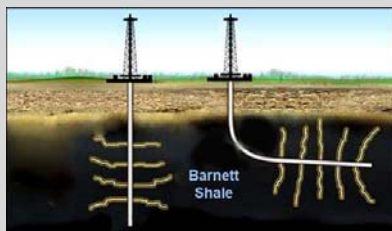
شرکت آمریکایی Input/Output Inc<sup>۳</sup> از MEMS و NEMS (Micro & Nano Electro Mechanical System) برای تهیه داده‌های لرزه‌نگاری چاه‌های نفت و گاز استفاده می‌کند. این ابزار، داده را به‌صورت دقیق‌تر و کم حجم‌تر از ژئوفون‌های معمولی ثبت می‌کند.

---

<sup>۱</sup> [www.bp.com](http://www.bp.com)

<sup>۲</sup> [www.shell.com](http://www.shell.com)

<sup>۳</sup> [www.ioitulsa.com](http://www.ioitulsa.com)



## نانو حفره‌ها در نمودارگیری دقیق تر از چاه

### معرفی / توصیف:

در این روش ابتدا در آزمایشگاه، پرتوهای مختلفی نظیر گاما، ایکس، نوترون و همچنین انواع مختلف امواج صوتی و میدان‌های مغناطیسی یا الکتریکی در مقابل لیتولوژی‌های مختلف اعمال می‌شود و بازتابش‌های مربوطه ثبت شده (کالیبراسیون) و نمودارهای مربوط رسم می‌گردد. سپس ابزار نمودارگیری در میدان نفتی یا گازی درون یک چاه رانده شده و فرایند تاباندن پرتوها، امواج و میدان‌ها، و ثبت بازتابش‌ها صورت می‌پذیرد. نهایتاً از مقایسه نمودارهای به‌دست آمده با نمودارهای استاندارد جنس لایه‌ها (لیتولوژی) تعیین می‌شود. همچنین با استفاده از تئوری‌ها، تخلخل و درجه اشباع سیالات نیز به‌دست آورده می‌شود. برای به‌دست آوردن مقادیر صحیح از نمودارهای گرفته شده در چاه اصلاحات مختلفی انجام می‌شود.

### کاربرد/مزایا/معایب:

در این قسمت، از نانوسنسورها برای تحلیل پرتوها به طور دقیق و به‌خاطر سطح ویژه بالای آن‌ها، از تحلیل پرتوها در همه جهات استفاده می‌شوند. این نانوسنسورها علاوه بر این کارکرد، وظیفه تعیین جنس لایه‌ها و تضمین خواص سیال را نیز خواهند داشت. به‌نظر می‌رسد که چون بخشی از نمودارگیری از چاه مربوط به بررسی تخلخل‌ها می‌شود می‌توان با استفاده از یک سری نانوپودرها با وارد کردن در مخزن و دانستن تعداد و سطح ویژه آنها میزان تخلخل

مواد و سنگ‌های چاه را تخمین زد؛ البته با دقتی بسیار بالاتر از روش‌های پیشین، می‌توان نانوسنسورها را به عمق‌های بیشتری درون سازنده‌ها رسانده شوند و تحلیل‌های فوق را در نقاط متنوع‌تری به انجام رسانید. این سنسورها به علت مزایایی نظیر اندازه کوچک، ایمنی در قبال تداخل الکترومغناطیسی، قابلیت کارایی در فشار و دمای بالا و محیط‌های دشوار، در صنعت نفت مورد توجه بسیار قرار گرفته‌اند. سنسورهای جدید از نظر تولید بسیار مقرون به صرفه می‌باشند. محیط‌هایی نظیر تأسیسات و پالایشگاه‌های نفتی که سنسورهای هیدروژن از کاربردهای ویژه‌ای برخوردار می‌باشند، می‌توانند بسیار آلوده و کثیف باشند. نانو تیوب‌های تیتانیا دارای یک مقاومت الکتریکی برگشت‌پذیر هستند به‌طوری‌که اگر هزار قطعه از آنها در برابر یک میلیونیم اتم هیدروژن قرار بگیرند، مقاومت الکتریکی آن در حدود یک صد میلیون درصد افزایش می‌یابد. خواص فوتوکاتالیستی نانو تیوب‌های تیتانیا می‌تواند آلودگی‌های ایجاد شده تحت تابش اشعه ماوراءبنفش را به‌طور قابل‌توجهی از بین ببرد تا اینکه سنسورها بتوانند حساسیت اصلی خود نسبت به هیدروژن را حفظ نمایند.

#### دارنده فناوری/محصول تجاری‌شده:

محققان در آزمایشگاه فوتونیک دانشگاه صنعتی ویرجینیا<sup>۱</sup> در حال تولید یک سری نانوسنسورهای قابل اعتماد و ارزان از فیبرهای نوری جهت اندازه‌گیری فشار، دما، جریان نفت و امواج اکوستیک در چاه‌های نفت می‌باشند. این سنسورها به علت مزایایی نظیر اندازه کوچک، ایمنی در قبال تداخل الکترومغناطیسی، قابلیت کارایی در فشار و دمای بالا و همچنین محیط‌های دشوار مورد توجه بسیار قرار گرفته‌اند. از همه مهم‌تر اینکه امکان جایگزینی و تعویض سنسورهای متداول بدون دخالت در فرآیند تولید نفت میلیون‌ها دلار هزینه در پی دارد. سنسورهای جدید از نظر تولید بسیار مقرون به صرفه بوده و اندازه‌گیری‌های دقیق‌تری ارائه می‌دهند. در این رابطه آقای ژانگ و همکاران در دانشگاه تاین‌جین چین، یک نوع جدید از نانوسنسورهای فشاری برای اندازه‌گیری خواص چاه نفتی را اختراع کرده‌اند.

<sup>1</sup> www.vt.edu



## ابزارهای حفاری بسیار مقاوم

### معرفی/توصیف:

مته در پایین‌ترین قسمت رشته حفاری یک چاه در حال حفر، قرار دارد و وظیفه خرد کردن سنگ‌ها را بر عهده دارد. بیشترین تنش وارده در عملیات حفاری، به مته‌های حفاری وارد می‌شود. مته‌های حفاری، جزء قسمت‌هایی از رشته حفاری هستند که مرتباً در حال فرسایش می‌باشند و پس از حفر یک متر از مشخص، کارایی خود را از دست می‌دهند و بایستی جایگزین شوند.

### کاربرد/مزایا/معایب:

مواد جدیدی که مته‌ها را در برابر خوردگی و فرسایش مقاوم‌تر نمایند در این بخش بسیار مفید هستند. لذا در این بخش می‌توان با استفاده از نانوکامپوزیت‌ها، نانوساختارها و نانولوله‌های کربنی، مته‌های حفاری بادوام و مستحکم‌تری را تولید کرد. همچنین با استفاده از نانوالماس‌ها که به صورت مصنوعی ساخته می‌شود می‌توان بازده حفاری را به میزان زیادی افزایش داد.

**دارنده فناوری/محصول تجاری شده:**

شرکت انگلیسی British Petroleum<sup>۱</sup> و شرکت هلندی-انگلیسی Shell<sup>۲</sup> در فرانسه از نانوکامپوزیت‌ها برای افزایش استقامت ابزارهای حفاری استفاده می‌کنند.

شرکت South West<sup>۳</sup> نیز در حال تولید پوشش لوله‌های حفاری با استفاده از نانولوله‌های کربنی است.

---

<sup>۱</sup> [www.bp.com](http://www.bp.com)

<sup>۲</sup> [www.shell.com](http://www.shell.com)

<sup>۳</sup> [www.southwestpetroleum.com](http://www.southwestpetroleum.com)



## گل های حفاری با کارایی بیشتر

### معرفی/توصیف:

گل حفاری سیالی است که از دورن لوله های رشته حفاری به پایین پمپ می شود، از سوراخ های مته بیرون می آید و سپس از فضای حلقوی بین دیواره چاه و لوله های حفاری، کنده های حاصل از حفاری را به سطح حمل می کند. گل همچنین، کار خنک کردن مته و کنترل سیالات موجود در لایه ها را نیز بر عهده دارد. از طرفی با توجه به فاصله زیاد محلی که در حال حفر شدن است با سطح زمین و تنش زیادی که در حفاری وجود دارد و همچنین نیاز به داشتن اطلاعات و داده های مختلف و به هنگام، از طریقی می بایست اطلاعات مورد نیاز نظیر فشار گل، دما، آزمون، و عمق به سطح زمین منتقل شوند تا فرآیند حفاری تحت کنترل باشد و مطابق برنامه ادامه پیدا کند. برای نیل به این هدف، اطلاعات ابتدا کد می شوند و توسط یک ابزار به صورت پالس های فشاری درون گل حفاری که ما بین رشته حفاری و جداره چاه به سمت سطح زمین در حال صعود است، در می آید. وقتی گل به نزدیک سطح رسید، توسط یک دستگاه دیگر، پالس های فشاری، ثبت شده و از رمزگشایی آن ها اطلاعات مورد نیاز (فشار گل، دما، آزمون و عمق) استخراج می شوند.

### کاربرد/مزایا/معایب:

گل حفاری باید خواصی همچون چگالی و ویسکوزیته مناسب جهت حمل کنده های حفاری به بالا را داشته باشد و همچنین قابلیت انتقال توان هیدرولیکی پمپ ها را نیز می بایست داشته باشد. خواصی همچون چگالی مناسب با

استفاده از نانوافزودنی‌ها قابل حصول است. ویسکوزیته مناسب نیز با اضافه کردن نانوافزودنی‌هایی که خاصیت روغنکاری دارند به دست می‌آیند. حصول خاصیتی همچون قابلیت انتقال توان هیدرولیکی و تراکم‌پذیری از مهم‌ترین عواملی است که با استفاده از فناوری نانو قابل دسترس است. گل‌های حفاری یا پایه آبی هستند یا پایه نفتی (روغنی). برای حصول خواصی همچون چگالی مناسب، عدم خوردگی یا خوردندگی کم، خاصیت روان‌کاری، جلوگیری از هرزوری، تراکم‌پذیری مناسب، سمی نبودن و بالاخص خاصیت تیکسوتروپ (ژلاتینی) از نانوافزودنی‌ها استفاده می‌شود تا اگر احیاناً عملیات حفاری قطع شد، گل به حالت ژلاتینی در آید و مانع از ته‌نشین شدن کنده‌های حفاری و نهایتاً گیر افتادن ابزار حفاری گردد. همچنین گل ژلاتینی باید به گونه‌ای باشد که با کمترین تنش در حالت ژلاتینی به حالت روان درآید و مجدداً خاصیت تیکسوتروپیک گل را اعاده کند. در این بخش نیز استفاده از نانوموادها تأثیرات به‌سزایی روی بهبود این خواص دارند.

همانطور که اشاره شد، انتقال داده‌ها از طریق گل حفاری انجام می‌شود و لذا گل حفاری باید قابلیت عبور سیگنال را نیز داشته باشند. قابلیت عبور سیگنال گل نیز با بهره گرفتن از نانوسنسورها افزایش می‌یابد.

#### دارنده فناوری/محصول تجاری شده:

بارن و همکارانش در سال ۲۰۰۳ موفق به تولید نانومادی شده‌اند که سطحشان پرداخت شده‌است و به سیالات اضافه می‌شوند تا یک نوع کف خاص را تولید نماید. از کف مذکور در ساختن گل‌های حفاری سبک که در حفاری غیرتعادلی (Under Balanced Drilling) استفاده می‌شود می‌توان استفاده کرد. این کف قابلیت خارج کردن ضایعات حفاری را نیز دارد.





## سیمان های باکینیت تر برای چابدن لوله های جداری

### معرفی / توصیف:

لوله های جداری توسط سیمان به جداره چاه می چسبند و محکم می شوند. در این فرآیند ابتدا لوله های جداری به یکدیگر وصل می شوند و تا انتهای چاه رانده می شوند. سپس سیمان از ته چاه به پشت لوله های جداری (فضای بین لوله های جداری و دهانه چاه) پمپ می شود و تا سطح زمین بالا می آید.

### کاربرد / مزایا / معایب:

سیمان های مورد استفاده می بایستی خواص گیرش، ویسکوزیته و سختی نهایی قابل کنترلی داشته باشند که برای دستیابی هرچه بهتر به این منظور با استفاده از نانوافزودنی ها می توان این خصوصیات را برآورده ساخت.

### دارنده فناوری / محصول تجاری شده:

در این راستا شرکت آمریکایی Nano Product Corp. از نانوذرات سیلیکات کلسیم در سیمان استفاده نموده است و سیمان حاصل قابلیت استفاده شدن در دماهای بالا را دارد؛ لذا می تواند برای چاه های عمیق و چاه های ژئوترمال استفاده شود.

شرکت سوئدی Eka Chemicals AB<sup>1</sup> با استفاده از نانوذرات سیلیکا موادی در این زمینه به بازار عرضه کرده است.

<sup>1</sup> [www.colloidalsilica.com](http://www.colloidalsilica.com)





## افزایش راندمان واکنش با استفاده از نانوکاتالیست در صنعت نفت و پتروشیمی

### معرفی/توصیف:

کاتالیست‌ها کاربردهای فراوانی در صنایع پالایش نفت و پتروشیمی دارند. تولید بسیاری از محصولات در طی فرآیندهای شیمیایی صورت می‌گیرد و در این میان کاتالیست‌ها از اهمیت زیادی برخوردارند چون نسبت به مواد اولیه، دارای وزن کمی هستند ولی قلب بسیاری از واکنش‌ها محسوب می‌شوند و حتی بسیاری از فرآیندهای شیمیایی بدون آن اقتصادی نیست. کاتالیست‌ها با افزودن سرعت انجام واکنش‌ها موجب تسهیل انجام آنها می‌شوند، و در این میان فعالیت کاتالیستی کاتالیست‌های فلزی پایه‌دار شدیداً به اندازه و شکل ذرات بستگی دارد. نانوکاتالیست‌ها نسل جدیدی از کاتالیست‌ها هستند که با به‌کار بردن روش‌های تولید مواد نانوساختار به‌وجود آمده‌اند.

### کاربرد/مزایا/معایب:

کاتالیست‌های نانوساختار با زیاد کردن قابلیت دسترسی به ذرات فلزی، فعالیت کاتالیستی را به‌نحو چشمگیری بالا می‌برند. روش مرسوم آماده‌سازی کاتالیست‌ها، شامل هم‌رسوبی و پرکردن پایه با محلول آبی حاوی ذرات فلزی می‌باشد. در این روش اندازه و شکل ذرات کاتالیست را به‌سختی می‌توان کنترل کرد. اما سنتز نانوساختارهای اکسید فلز مرکب با مورفولوژی‌های مختلف کره، سیم، طناب و لوله و قلم‌مو امکان دارد که می‌توانند بدون محلول یا با وجود آن، صورت بگیرد.

**دارنده فناوری/محصول تجاری شده:**

در قالب طرحی مشترک بین شرکت Degussa<sup>۲</sup> در آلمان و Headwaters, Inc.<sup>۳</sup> در آمریکا، یک واحد برای تولید مستقیم پروکسید هیدروژن مورد استفاده در ساخت اکسید پروپیلن با استفاده از تکنولوژی شرکت Degussa-Uhde technology احداث شده است. از نوعی نانوکاتالیست ویژه در این فرآیند استفاده می شود. شرکت آمریکایی Hheadwaters nanokinetix inc.<sup>۴</sup> با تکنولوژی NxCat<sup>TM</sup> توانایی تولید انواع نانوکاتالیست از جمله نانوکاتالیست های اکسیدروی را دارا بوده و نیز صاحب روش های ویژه ای برای تولید نانوذرات با قطر ۲ نانومتر می باشد.

<sup>۲</sup> [www.corporate.evonik.com](http://www.corporate.evonik.com)

<sup>۳</sup> [www.headwaters.com](http://www.headwaters.com)

<sup>۴</sup> <http://www.htigrp.com/nano.asp>



## پوشش های مایع نانوساختار به عنوان عایق حرارت و ضد خوردگی

### معرفی / توصیف:

پوشش های با بهره گیری از فناوری نانو، انقلابی در صنعت عایق کاری و محافظت از خوردگی در سطح جهانی پدید آورده و با خواص منحصر به فرد خود، از اتلاف انرژی و منابع ملی جلوگیری می نماید و با هزینه مناسب می تواند جایگزین عایق های سرد و گرم موجود و پوشش های ضد خوردگی فعلی باشد.

### کاربرد / مزایا / معایب:

عایق حرارتی نانو، ماده جدیدی می باشد که محافظ و عایق حرارتی مناسبی در مقابل هر سه نوع انتقال گرما شامل تشعش، جابجایی و همرفتی است. خصوصیت ویژه این محصول، مایع بودن آن است که امکان استفاده از آن را بر روی سطوح فلزی و غیر فلزی توسط پیستوله، برس و رول های نقاشی فراهم می کند. همچنین نانویی بودن ذرات این پوشش ها باعث می شود که بیشترین نفوذ در حفره های سطحی، که عملیات پوشش دهی بر روی آن انجام می شوند، را ایجاد کنند و چون ابعاد ذرات این پوشش ها در حد میلی میکرون است، هم از فضا و هم از مواد به میزان صحیحی استفاده می شود. علاوه بر این، تراکم این لایه های نازک به حدی است که میزان تخلخل در آن بسیار کم بوده و عواملی که سبب خوردگی می شوند، نیز نمی توانند در این لایه ها نفوذ کنند. ضمناً چسبندگی این نوع پوشش به ماده هدف بسیار مناسب بوده و استحکام پوشش بسیار بالا است و همچنین به دلیل توزیع یکنواخت پوشش، پراکنش لایه نازک اختلاف پتانسیل را از بین برده و نیروی محرکه برای شروع خوردگی را از بین می برد.

## دارنده فناوری/محصول تجاری شده:

شرکت آمریکایی Industrial Nano Tech, Inc.<sup>۱</sup> که شرکتی علمی-صنعتی است و در زمینه‌های گوناگون نانو تکنولوژی کار می‌کند محصولی به نام Nansulate (نام تجاری) تولید کرده‌است. این ماده یک رده صنعتی از عایق‌های مایع است که به عنوان پوشش روی سطوح مختلف استفاده می‌شود. ادعا می‌شود که این ماده هدایت حرارتی بسیار کمتری از دیگر مواد عایقی که در مراکز معتبری چون آزمایشگاه ملی لارنس لیورمور ایالات متحده، آزمایشگاه ملی سندیا و دانشگاه فلوریدا تولید شده‌است، دارد. این ماده همچنین دارای خاصیت ضد خوردگی نیز می‌باشد و قادر به صرفه‌جویی زیادی در مصرف انرژی است. محدوده کاربرد این عایق در صنایع نفت و گاز، پتروشیمی، دریایی، کاغذ، اتومبیل، دارویی، ماشین‌سازی صنعتی، ساختمان، ساخت کشتی، نیروگاهی و خانگی است.

شرکت آلمانی Degussa<sup>۲</sup> رده جدیدی از رنگ‌های آکرلیکی بر پایه نانوذرات را تولید کرده‌است. این رنگ‌ها که سازگار با محیط‌زیست هستند عاری از حلال، ضد خراش و مقاوم به سایش بوده و قابلیت کاربرد روی مواد مختلف (از جمله فلزات و پلاستیک) را دارند. خاصیت ضدسایش این رنگ‌ها ده برابر رنگهای آکرلیکی متداول است. این رنگ‌ها در جلوگیری از خوردگی تجهیزات فلزی و لوله‌ها در نیروگاه‌ها بسیار موثر واقع خواهند شد.

شرکت آمریکایی Inframat® Corporation<sup>۳</sup>، یک روکش سرامیکی متخلخل عایق حرارتی به صورت اسپری حرارتی از جنس زیرکونیوم پایدار شده با ایتريوم را برای موتورهای توربین گازی صنعتی و هواپیماها تولید می‌کند تا قطعات فلزی داغ را از گاز داغ جدا کند.

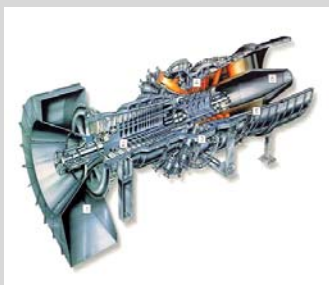
شرکت آمریکایی Mascoat Products<sup>۴</sup>، از سرامیک‌های در ابعاد میکرو برای تولید عایق‌های حرارتی و ضد خوردگی که اسپری می‌شوند، استفاده می‌کند.

<sup>۱</sup> [www.industrial-nanotech.com](http://www.industrial-nanotech.com)

<sup>۲</sup> <https://www.advanced-nano.com/webapps/adnano.nsf>

<sup>۳</sup> [www.inframat.com](http://www.inframat.com)

<sup>۴</sup> [www.mascoat.com](http://www.mascoat.com)



## قطعات موتور بادوام تر در توربین و ژنراتور

### معرفی / توصیف:

قطعات زیادی در نیروگاه تحت تنش‌های بالا می‌باشند. استفاده از موادی با استحکام بالا می‌تواند هزینه‌های تولید و نگهداری و در نتیجه هزینه‌های تولید انرژی را کاهش دهد. از جمله این قطعات، قطعات موتور توربین و ژنراتور، شافت‌ها، محورهای دوران و ... است.

### کاربرد / مزایا / معایب:

در مورد مواد فلزی، فناوری نانو با استفاده از نانو ساختار کردن فلزات حجیم توانسته است مواد فلزی جدید با خواص بهینه‌تر تولید کند. از جمله این موارد استفاده از روش نانو ساختار کردن فلزات به وسیله تغییر شکل پلاستیکی شدید و عملیات حرارتی بعد از آن می‌باشد که منجر به بالا رفتن شدید استحکام می‌شود. از دیگر کاربردها، استفاده از نانوکامپوزیت‌های زمینه فلزی است که جهت نیل به استحکام بالا و یا خواص حرارتی خوب ساخته می‌شود. از جمله این موارد پره توربین است.

**دارنده فناوری/محصول تجاری شده:**

شرکت <sup>۱</sup>Metallicum اولین شرکت در دنیاست که روی توسعه و تجاری سازی آلیاژها و فولادهای نانو ساختار متمرکز شده است. دیدگاه شرکت این است که کارکردی فوق العاده از فلزات نرم و آلیاژهایی که تحت فرآیند مورد استفاده این شرکت قرار می گیرند و به مواد فلزی پلی کریستال نانوساختاری (با اندازه دانه های بسیار ریز) تبدیل می شوند را ارائه دهد.

شرکت <sup>۲</sup>NanoSteels در آمریکا نیز شرکت دیگری است که در تولید فولادهای نانو ساختار فعالیت دارد. عمده فعالیت این شرکت، تولید محصولات فلزی با ساختار نانومتری است که قابل استفاده به صورت تجاری باشند. این شرکت ورقه های فولادی مختلف با ساختار نانو تهیه می کند. همچنین در زمینه پوشش های نانو ساختار بر روی این فولادها و دیگر محصولات فلزی فعالیت دارد. علاوه بر این، این شرکت موفق به ساخت آلیاژی موسوم به SHS (Super Hard Steel) شده است که تفاوت چشم گیری از لحاظ خواص استحکامی و مقاومت فیزیکی با آلیاژهای مرسوم دارد.

<sup>۳</sup>Nanommat نیز نام مجموعه ای آلمانی از انستیتوهای تحقیقاتی است که روی سنتز و تولید سرامیک ها و فلزات نانوساختار فعالیت می کند. مؤسسه ای که با هم در قالب این نام همکاری دارند کاملاً علمی بوده و از لحاظ فناوری در سطح بالایی قرار دارند. این مسئله با جایزه های زیادی (از جمله نوبل) که دریافت کرده اند قابل اثبات است. ANI و SIIT دو مرکز در زمینه نانوفناوری آلیاژ آلومینیوم جدیدی را با استفاده از نانوتیوب های کربنی توسعه داده اند که هدایت حرارتی ۵-۴ برابر بیشتر از هدایت حرارتی آلومینیوم (بدون CNT) دارد. SIIT یک سازمان در زمینه نانو تکنولوژی است که توسط دولت ژاپن به طور کامل حمایت می شود.

<sup>1</sup> [www.metallicum.com](http://www.metallicum.com)

<sup>2</sup> [www.nanosteelco.com](http://www.nanosteelco.com)

<sup>3</sup> [www.nanomat.de](http://www.nanomat.de)





## عایق های حرارتی نانویی در محفظه احتراق نیروگاه

### معرفی/توصیف:

در یک نیروگاه فسیلی حداکثر حرارت تولیدی در محفظه احتراق باید صرف تولید انرژی شده و از اتلاف آن جلوگیری کرد. جهت جلوگیری از اتلاف حرارت از مواد عایق در اطراف محفظه احتراق و لوله های انتقال حرارت استفاده می شود.

### کاربرد/مزایا/معایب:

نانوکامپوزیت های آبروژل خواص اصلی آبروژل ها را داشته و در عین حال خواص مکانیکی و پایداری شیمیایی لازم برای مصارف خاص صنعتی را نیز دارا می باشند. این کامپوزیت ها عایق های بسیار خوب حرارت هستند. این مواد نانوساختار به خاطر مناسب بودن آنها برای کاربرد در پانل های عایق و بلوک های نسوز در نیروگاه در محفظه احتراق و سایر قسمت هایی که نیاز به جلوگیری از اتلاف حرارت دارند قابل استفاده است. همچنین مواد نسوزی که از ذرات نانومتری تولید می شوند می توانند خاصیت ضد آتش بودن را به میزان بالاتر و توأم با استحکام مکانیکی داشته باشند.

دارنده فناوری/محصول تجاری شده:

شرکت آمریکایی GE<sup>۱</sup> از نانوکامپوزیت‌های فوق در ساخت قطعات توربین گازی استفاده کرده‌است.

---

<sup>۱</sup> [www.ge.com](http://www.ge.com)



## نانوپوشش‌های سد حرارتی در پره توربین گازی

### معرفی/توصیف:

پره توربین در توربین‌های گازی باید از دمای بالا و برخورد مستقیم با گازهای احتراق حفظ شود و با به‌کارگیری پوشش محافظ، ضمن ایجاد یک سد حرارتی از تسریع خوردگی نیز جلوگیری کرد. از جمله این پوشش‌ها که برای مهندسی قدرت و برای کارکرد بهتر توربین‌ها طراحی می‌شود پوشش‌های سد حرارتی یا TBC هستند.

### کاربرد/مزایا/معایب:

فن‌آوری نانو با ایجاد پوشش‌های سد حرارتی نانومتری می‌تواند بر مشکلات پوشش‌های متداول فائق آید و ضمن ایجاد پوششی مستحکم، پره را از شرایط دمای بسیار بالا و گاز احتراق که به‌شدت خورنده است، محافظت کند. این پوشش‌ها به دلیل اینکه به‌صورت لایه نازک هستند، باعث ایجاد تنش‌های پسماند بسیار کمتری در پوشش شده و با مصرف کمتر مواد، هم هزینه‌ها را کاهش می‌دهند و هم استحکام مکانیکی و مقاومت به رشد ترک بالاتری دارند.

### دارنده فناوری/محصول تجاری‌شده:

شرکت آمریکایی GE<sup>۱</sup> از نانوپوشش‌های فوق در ساخت پره توربین گازی استفاده کرده‌است.

شرکت آمریکایی Inframat<sup>۲</sup> اقدام به تولید نانوپوشش‌های متخلخل سرامیکی مقاوم حرارتی TBC کرده‌است.

<sup>۱</sup> [www.ge.com](http://www.ge.com)

<sup>۲</sup> [www.inframat.com](http://www.inframat.com)





## نانوپوشش‌های مقاوم برآیش در روتور و دیگر قطعات محرک نیروگاه

### معرفی/توصیف:

وقتی یک قطره در توربین بخار به سطح پره برخورد کند فشار بسیار زیاد ناگهانی در مدت زمان کوتاهی تولید می‌شود. موج فشار باعث تغییر شکل پلاستیک مواد می‌شود. تکرار این تغییر شکل پلاستیک باعث افزایش تنش داخلی شده و بعد از مدت زمان معینی، تمرکز تنش در بعضی از سطوح افزایش می‌یابد و از استحکام کشش ماده بالاتر می‌رود و آنگاه ترک شکل می‌گیرد. همچنین بخش‌ها و قطعات زیادی در نیروگاه‌های فسیلی و آبی و هسته‌ای وجود دارند که در چرخش و در معرض سایش هستند. از جمله این قطعات می‌توان شافت‌ها، گاورنر، روتور، یاتاقان‌ها، محوره‌ای چرخش و ... را نام برد. انتخاب پوشش‌های مناسب که نیازهای قطعه را جهت کارکرد بهینه برآورده سازند در این قطعات ضروری به نظر می‌رسد.

### کاربرد/مزایا/معایب:

امروزه دامنه جدیدی از پوشش‌ها با ساختار نانومتری توسعه یافته‌است که می‌توان خواص مهندسی ویژه‌ای را در لایه‌های سطحی به وجود آورد که در روش‌های کلاسیک مقدور نمی‌باشد. با تغییر ساختار میکروسکوپی پوشش‌ها و ایجاد نانوذرات می‌توان مقاومت سایشی پوشش‌ها را افزایش داد. از جمله مزایای مواد نانومتری به خصوص به صورت نانو ساختار عبارت از افزایش کیفیت خواص پوشش، افزایش طول عمر سرویس پوشش، سازگاری بیشتر

با محیط‌زیست، مقاومت به سایش، اکسیداسیون و خوردگی به همراه مقاومت خوب به رشد ترک و شوک حرارتی است.

**دارنده فناوری/محصول تجاری شده:**

شرکت سوئیدی PannonPLATIT<sup>۳</sup> در این عرصه فعال است.

شرکت آمریکایی Inframat<sup>۴</sup> نیز در این عرصه فعال است.

---

<sup>3</sup> [www.annonplatit.com](http://www.annonplatit.com)

<sup>4</sup> [www.inframat.com](http://www.inframat.com)



## مواد مغناطیسی نانو ساختار در ژنراتور نیروگاه و الکتروموتورها و دیگر قطعات الکتریکی

### معرفی / توصیف:

مهم‌ترین بخش یک ژنراتور نیروگاهی مگنت آن است. همچنین در یک نیروگاه جهت سیلان هوا و آب و روغن و خنک‌کننده‌ها الکتروموتورهای زیادی در بخش‌های مختلف نیروگاه نصب شده‌است. در هر نیروگاه، تعداد زیادی از پمپ‌های فراهم‌کننده آب سرویس در قسمت دستگاه اصلی و قسمتی از سیستم‌های کمکی، به‌عنوان مثال دستگاه تصفیه آب، وجود دارند. مگنت‌های متداول بخشی از انرژی را به‌صورت نیروی اصطکاکی چرخش حوزه‌های مغناطیسی هدر داده و به‌صورت گرما آن را آزاد می‌کنند.

### کاربرد / مزایا / معایب:

در سال‌های اخیر پدیده‌های جدیدی در نانو ساختارهای مغناطیسی کشف شده‌است که سریعاً نیز به کاربردهای تکنولوژیکی رسیده‌است. کاربردهای متنوع این نوع مواد بسیار گسترده است. فناوری نانو توانسته است با تولید نانومگنت‌ها تحول شگرفی در جهت کاهش یا حذف اتلاف انرژی در این ماشین‌ها ایجاد کند. از این رو با استفاده از نانومگنت‌ها در ژنراتور و الکتروموتورها می‌توان ضمن ایجاد نیروی الکتریکی بیشتر، هزینه تولید برق را کاهش داد و از اتلاف آن کاست.

## دارنده فناوری/محصول تجاری شده:

شرکت MAGNETEC GmbH<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۴ در آلمان آغاز به کار کرده است و هم اکنون پیشرو در توسعه و تولید هسته های مغناطیسی ساخته شده از آلیاژهای مغناطیسی نرم می باشد. از جمله فعالیت های این شرکت، تولید محصولاتی با استفاده از آلیاژهای نانوکریستالی است. به عنوان مثال مغناطیس با نام تجاری MAGNEPERM و NANOPERM محصول این شرکت هستند. NANOPERM آلیاژ پایه آهنی است که سریع سرد شده است و ریزساختاری بسیار ریز با دانه هایی در حد ۱۰ نانومتر دارد. این ریزساختار باعث بروز خواص مغناطیسی نرم فوق العاده ای می شود که با فرایندهای آنیل و اعمال میدان مغناطیسی خارجی در محدوده وسیعی قابل تغییر و کنترل است.

VACUUMSCHMELZE GmbH & Co<sup>۲</sup> یک شرکت آلمانی پیشرو در تولید مواد پیشرفته مغناطیسی در جهان است. این شرکت کار خود را در سال ۱۹۱۴ با تولید آلیاژهای مهندسی با ذوب تحت خلاء آغاز کرده است و با ادامه کار خود امروزه محصولات مغناطیسی متنوعی را از جمله نانومگنت ها جهت مصارف جهانی تولید می کند. Finemet Business Development Office بخشی از شرکت ژاپنی Hitachi Metals<sup>۳</sup> است که کار تجارت مگنت های نرم را در این شرکت به عهده دارد. تمرکز شرکت هیتاچی متالز روی مگنت های نرم باعث توسعه این بخش از شرکت از نظر تجاری شده است. این بخش از شرکت وظیفه تولید قطعات الکترونیکی قدرت، محصولات کاهش نویز و غیره را با استفاده از مواد مغناطیسی نرم نانوکریستالی Finemet به عهده دارد. Finemet اولین ماده مغناطیسی نرم نانوکریستالی در جهان است که توسط شرکت هیتاچی متالز توسعه داده شده است. این ماده توسط سرد کردن سریع آلیاژی متشکل از آهن، سیلیسیم و بور به همراه مقادیر کم مس و نئوبیم به دست می آید. با به کارگیری عملیات حرارتی در دماهای بالاتر از دمای تبلور مجدد این آلیاژ، نانوکریستالهایی در حد ۱۰ نانومتر تشکیل می دهد.

<sup>۱</sup> [www.magnetec.de](http://www.magnetec.de)

<sup>۲</sup> [www.vacuumschmelze.de](http://www.vacuumschmelze.de)

<sup>۳</sup> [www.hitachi-metals.co.jp/e/](http://www.hitachi-metals.co.jp/e/)





## کاربرد نانوافزودنی با افزایش راندمان سیالات خنک‌کننده قطعات نیروگاهی

### معرفی/توصیف:

در یک نیروگاه دستگاه‌های زیادی نیاز به خنک‌کاری دارند. این دستگاه‌ها به وسیله سیالاتی مثل روغن خنک‌کاری می‌شوند. هر چند راه چاره ارزان و بهتری از استفاده از روغن‌ها وجود ندارد، اما این مواد توانایی ضعیفی در خنک‌کاری دارند. برای جبران این کاستی نیز باید پمپ‌ها به‌طور مداوم روغن را به گردش در آورده و ضمن مصرف بیش از حد مواد خنک‌کننده، انرژی زیادی نیز برای این گردش تلف می‌شود. استفاده از ذرات جامد به‌عنوان مواد افزودنی معلق در سیال پایه، یکی از روش‌هایی است که به‌منظور بهبود بازدهی انتقال حرارت همواره مورد توجه بوده و ایده محوری آن نیز بهبود ضریب هدایت گرمایی سیال عامل انتقال حرارت می‌باشد. ولی به‌دلیل مشکلات همراه آن عملی و کاربردی نشده‌است.

### کاربرد/مزایا/معایب:

با استفاده از دستاوردهای اخیر در زمینه تولید ذرات جامد با ابعاد نانومتری، می‌توان بر مشکلات ناشی از این ایده غلبه نمود و کلاس جدیدی از سیالات را که قادر به افزایش نرخ انتقال حرارت از طریق پخش ذرات در اندازه‌های نانومتری در سیالات عامل انتقال حرارت می‌باشند را تولید نمود. از آنجا که ذرات جامد معلق شده در سیال پایه از ضریب هدایت گرمایی بالاتری نسبت به سیال پایه برخوردارند، انتظار می‌رود که با افزودن آنها به سیال پایه امکان بهبود بازدهی فرایند انتقال حرارت فراهم گردد. از عمده‌ترین تأثیرات این مواد می‌توان به بیشتر شدن کارایی انرژی،

کوچک‌تر و سبک‌تر شدن سیستم‌های حرارتی، کمتر شدن هزینه‌های عملیاتی و پاک‌سازی محیط‌زیست اشاره نمود. اگر سرعت انتقال حرارت توسط سیالات بیش از پیش افزایش یابد، طراحی رادیاتورها آسان و مؤثرتر شده و می‌توان آنها را کوچک‌تر ساخت. همچنین اندازه پمپ‌های خنک‌کننده می‌تواند کاهش یابد. قطعات نیز می‌توانند به‌علت کارکردن تحت دماهای کمتر نیروی بیشتری تولید نمایند.

#### دارنده فناوری/محصول تجاری شده:

شرکت Nanotechnologies, Inc. نانو پودرهایی با اندازه کمتر از ۵۰nm تولید می‌کند که این پودرها کاربردهای مختلفی از جمله در نانوسیالات دارند.

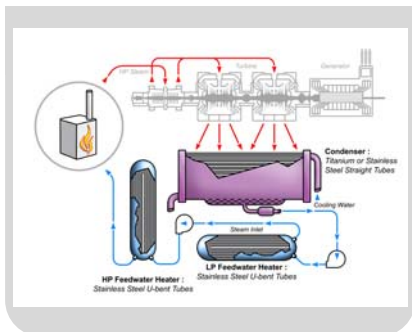
شرکت انگلیسی iCurie Lab Holdings, Ltd<sup>۱</sup> نیز اقدام به تولید میکروسیالات و نانوسیالات کرده است. البته بنا به ادعای این شرکت این نانوسیالات در قطعات الکتریکی و MEMS نیز کاربرد دارند.

شرکت آمریکایی NEI Corporation<sup>۲</sup> که در زمینه نانوتکنولوژی فعالیت دارد اقدام به تولید نانوسیالات جهت مصارف گوناگون کرده است. این شرکت در سال ۱۹۹۷ تأسیس شده‌است و هم اکنون یکی از مطرح‌ترین شرکت‌ها در زمینه نانو است.

---

<sup>۱</sup> [www.icurie.com](http://www.icurie.com)

<sup>۲</sup> [www.neicorporation.com](http://www.neicorporation.com)



## نانوافزودنی با برای افزایش راندمان سوخت نیروگاه

### معرفی/توصیف:

افزودنی‌های سوخت در واقع نقش کاتالیستی دارند. یکی از این افزودنی‌ها اکسیدهای هستند که نقش ذخیره اکسیژن را دارند. کاتالیستی که به سوخت اضافه می‌شود باید اکسیداسیون کامل هیدروکربن را باعث شود و گازهای خروجی کمتر با آلایندگی کمتر تولید کند.

### کاربرد/مزایا/معایب:

در مورد نحوه سوختن سوخت‌ها (خصوصاً سوخت‌های مایع) نانوفناوری می‌تواند با ورود نانوافزودنی‌ها به هر چه بهتر سوختن آنها کمک کند. به دلیل اینکه افزودنی باید خاصیت کاتالیستی اعمال کند نانو شدن ذرات آن می‌تواند راندمان آن را به شدت افزایش دهد.

### دارنده فناوری/محصول تجاری شده:

Nano-Max<sup>1</sup> یکی از محصولات هلندی در حوزه نانو تکنولوژی افزودنی سوخت چندمنظوره است که به صورت مایع بوده و سازگار با گازوئیل و برخی دیگر از سوختها است. سوختهای گازوئیلی که به آنها Nano-Max افزوده می‌شود می‌توانند تا حد زیادی اقتصاد سوخت را بهبود بخشند، تولید نیرو را افزایش داده و تقریباً تولید تمام

<sup>1</sup> [www.nanomax-no1.nl](http://www.nanomax-no1.nl)

محصولات مضر سوخت را کاهش دهد. Nano-Max توسط سازمان ملل به‌عنوان مؤثرترین و اقتصادی‌ترین افزودنی سوخت شناخته شده‌است. همچنین این شرکت توسط مجله Forbes به‌عنوان بهترین شرکت حافظ محیط‌زیست شناخته شده‌است.

کمپانی‌های H2OIL<sup>۲</sup> و Petrochina<sup>۳</sup> یک کارخانه افزودنی سوخت با استفاده از فناوری نانو در تیانجین چین احداث کرده‌اند. این شرکت‌ها که سابقه طولانی در تولید افزودنی سوخت دارند ادعا می‌کنند که محصول جدید آنها به نام Nano ghost از دیگر مدل‌های متداول نانو تکنولوژی ۱۰۰۰ بار قوی‌تر است و قادر به تولید تمیزترین و کارآمدترین محصول سوخت گازوئیل و دیزل در جهان است. Petrochina بزرگترین کمپانی شیمیایی در حوزه نفت در چین و H2OIL شرکت تحقیق و توسعه در کالیفرنیا و پیشروی تولید نانو افزودنی‌های سوخت در دنیاست. افزودنی سوخت گازوئیل به نام Envirox<sup>TM</sup> به‌وسیله شرکت انگلیسی Oxonica<sup>۴</sup> (شرکتی از دانشگاه آکسفورد) تولید و توسعه یافته است. این افزودنی از ذرات ریز اکسیدسیریم (سریا) تشکیل شده که به‌عنوان کاتالیزست در واکنش احتراق با هوا عمل می‌کند. اکسید سیریم به‌عنوان نوعی ذخیره اکسیژن عمل می‌کند. این ماده، اکسیژن را آزاد می‌کند تا منوکسیدکربن و دیگر هیدروکربن‌ها را اکسید کند. نتیجه آن کار، سوخت تمیزتر به‌همراه فایده تبدیل سوخت بیشتر به دی‌اکسیدکربن است. همچنین کربن و دود کمتری تولید، و دود و مواد احتراق خروجی نیز تمیزتر خواهند بود.

محصول نانو افزودنی سوخت شرکت چینی Beijing China Yuantong Corp – Ltd<sup>۵</sup> نیز توسط انستیتو مواد متخلخل و مکانیک سیالات آکادمی علوم چین، آزمایشگاه نوترون در دانشکده فیزیک هسته‌ای، انستیتو انرژی اتمی چین و انستیتو ملی استاندارد و فناوری ایالات متحده آزمایش و تأیید شده‌است. این محصول آلودگی را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد و تولید نیرو را تا ۱۰ الی ۳۰ درصد (در موتورهای) افزایش می‌دهد.

<sup>2</sup> www.h2oil.com

<sup>3</sup> www.petrochina.com.cn/ptr/

<sup>4</sup> www.oxonica.com

<sup>5</sup> www.sino-yuantong.com



## نانوافزودنی‌های روانکار جهت کاهش اصطکاک و استهلاک قطعات متحرک و کاهش اتلاف انرژی

### معرفی/توصیف:

روان‌کننده ماده‌ای است که با قرار گرفتن ما بین دو سطح، باعث پایین آمدن نیروی مقاومت در برابر حرکت یا نیروی اصطکاک مابین آنها و در نتیجه کاهش نیروی لازم برای شروع و ادامه حرکت نسبی سطوح می‌گردد. چنانچه بتوان به‌طور مطلق از تماس سطوح دارای حرکت نسبی با یکدیگر جلوگیری نمود؛ در این صورت می‌توان اصطکاک و سائیدگی را از میان برداشت. بنابراین وظیفه اصلی یک روان‌کننده از بین بردن اصطکاک و سائیدگی است.

### کاربرد/مزایا/معایب:

با استفاده از نانوافزودنی‌ها به روغن و مواد روان‌کننده می‌توان به روغن‌هایی با خواص بسیار بهتر دست یافت و از این طریق ضمن کارکرد بهتر قطعات از فرسودگی زودرس آنها جلوگیری کرده و هزینه‌های تولید را کاهش داد. نانوذرات به‌دلیل اندازه کوچک خود می‌توانند فواصل میکروسکوپی بین سطح‌های درگیر را پر کنند و باعث کاهش اصطکاک شوند. همچنین می‌توان از ذراتی استفاده کرد که خاصیت نشر و انتقال حرارت زیادی داشته باشند و در عین حال اکسیدکنندگی روغن یا روانساز را کاهش دهند.

## دارنده فناوری/محصول تجاری شده:

شرکت آمریکایی H<sub>2</sub>Oil<sup>۱</sup> از تولیدکنندگان این نوع افزودنی است.

شرکت آمریکایی AMSOIL<sup>۲</sup> محصولات تجاری مختلفی را در این حوزه به بازار عرضه کرده است.

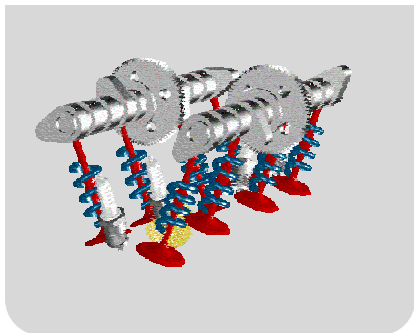
Nanolub روان کننده تولید شده حاوی نانوذرات WS<sub>2</sub> توسط شرکت آمریکایی ApNano Materials, Inc<sup>۳</sup> است و در مقایسه با روان کننده های رایج سبب کاهش اصطکاک و سایش به میزان بیشتری، به خصوص در مواقع بارگذاری زیاد، شده و علاوه بر آن سبب افزایش طول عمر دستگاه و کاهش هزینه های نگهداری و تعمیرات می شود. این روان کننده قابل استفاده در انواع ماشین ها و دستگاه های مکانیکی نیروگاه و حتی هواپیما نیز می باشد. نانوذرات موجود در Nanolub به شکل کروی، و بسیار ریز می باشند به طوریکه این نانوذرات به صورت بلبرینگ های بسیار کوچک عمل می کنند.

PolyCoat شرکت روسی دیگری در زمینه تولید افزودنی روغن ها است. افزودنی روانساز پلیکت سبب تشکیل فیلمی با پایه فلوئور بر روی سطح فلز می شود که از اشکال دیگر پوشش ها که از افزودنی هایی بر پایه تفلون، پلیمرها، پوشش های فلزی یا مواد معدنی ساخته شده اند، بادوام تر است. لایه فیلمی که از مولکول های فلوئور تشکیل شده ضخامتی به اندازه چند مولکول دارد که آن را باریکترین لایه فیلمی کاهش دهنده اصطکاک کرده است. ضخامت بسیار کم، برتری بیشتری نسبت به سایر افزودنی ها به این ماده می دهد. زیرا تا حد زیادی سخت و محکم است و از روی سطح خراشیده یا کنده نمی شود.

<sup>۱</sup> [www.h2oil.com](http://www.h2oil.com)

<sup>۲</sup> [www.amsoil.com](http://www.amsoil.com)

<sup>۳</sup> [www.apnano.com](http://www.apnano.com)



## روانکار ساخته شده با فلورین جهت کاهش اصطکاک و استهلاک قطعات متحرک

### معرفی / توصیف:

روان‌کننده ماده‌ای است که با قرار گرفتن ما بین دو سطح، باعث پایین آمدن نیروی مقاومت در برابر حرکت یا نیروی اصطکاک مابین آنها و در نتیجه کاهش نیروی لازم برای شروع و ادامه حرکت نسبی سطوح می‌گردد. چنانچه بتوان به‌طور مطلق از تماس سطوح دارای حرکت نسبی با یکدیگر جلوگیری نمود؛ در این صورت می‌توان اصطکاک و سائیدگی را از میان برداشت. بنابراین وظیفه اصلی یک روان‌کننده از بین بردن اصطکاک و سائیدگی است.

### کاربرد/مزایا/معایب:

با استفاده از نانوافزودنی‌ها به روغن و مواد روان‌کننده می‌توان به روغن‌هایی با خواص بسیار بهتر دست یافت و از این طریق ضمن کارکرد بهتر قطعات از فرسودگی زودرس آنها جلوگیری کرده و هزینه‌های تولید را کاهش داد. همچنین می‌توان از ذراتی استفاده کرد که خاصیت نشر و انتقال حرارت زیادی داشته باشند و در عین حال اکسیدکنندگی روغن یا روانساز را کاهش دهند. از جمله این مواد فلورین است. مولکول‌های فلورین به‌صورت اجسام چرخنده عمل می‌کنند و سبب جدا شدن سطوح در حال تماس از یکدیگر می‌شوند. به‌خاطر مقاومت و پایداری بالای فلورین‌ها، در شرایط بارگذاری بالا نیز خصوصیت چرخش بلیرینگ مانند خود را حفظ می‌نمایند.

## دارنده فناوری/محصول تجاری شده:

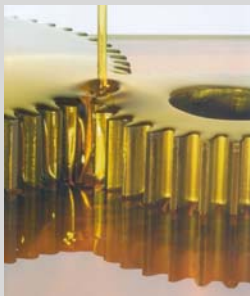
دانشمندان و محققان شرکت Bardahl<sup>۱</sup> پتنت‌های گوناگونی در مورد روان‌کننده‌های حاوی فلورین‌ها که دارای خاصیت ضد اصطکاکی و ضد ساییدگی هستند، ثبت کرده‌اند. پاک‌کننده‌های سنتزی منحصربه‌فردی که در محصولات افزودنی Kiwami موجود می‌باشد، سبب جدا شدن رسوبات و خوردگی‌های ایجاد شده از روی سطوح داخلی می‌شود و سپس مولکول‌های فلورین مقاوم در برابر فشار بر روی سطح تمیز شده قرار می‌گیرند که موجب کاهش اصطکاک می‌شوند. مولکول‌های فلورین موجود در محصولات افزودنی Kiwami به صورت بلبرینگ‌های کوچک عمل می‌نماید، و سبب کاهش اصطکاک و مقاومت در برابر ساییدگی می‌گردد.

شرکت روسی Forsan<sup>۲</sup> از تولیدکنندگان این نوع افزودنی است. افزودنی Forsan دارای ترکیب پیچیده‌ای حاوی مولکول‌های فلورین با اندازه ۱ نانومتر می‌باشد که قابلیت منحصربه‌فردی به خاطر بهبود زیاد خصوصیات اصطکاکی دستگاه‌ها و اجزاء آنها دارد. علاوه بر آن سبب ترمیم قسمت‌های ساییده شده سطح به وسیله تشکیل پوشش فلز-سرامیک در ناحیه‌ای که اصطکاک اتفاق می‌افتد، می‌شود. پوشش محافظ فلز-سرامیک که در نتیجه وجود ترکیب مخصوص فلورین ایجاد می‌شود دارای ضریب اصطکاک بسیار پایین و مقاومت در برابر ساییدگی بسیار بالایی است.

<sup>۱</sup> [www.bardahl-ap.com](http://www.bardahl-ap.com)

<sup>۲</sup> <http://forsan.nm.ru/>





## روانکار ساخته شده با نانوالماس جهت کاهش اصطکاک و استهلاک قطعات متحرک

### معرفی/توصیف:

روان کننده ماده‌ای است که با قرار گرفتن ما بین دو سطح، باعث پایین آمدن نیروی مقاومت در برابر حرکت یا نیروی اصطکاک مابین آنها و در نتیجه کاهش نیروی لازم برای شروع و ادامه حرکت نسبی سطوح می‌گردد. چنانچه بتوان به‌طور مطلق از تماس سطوح دارای حرکت نسبی با یکدیگر جلوگیری نمود؛ در این صورت می‌توان اصطکاک و سائیدگی را از میان برداشت. بنابراین وظیفه اصلی یک روان کننده از بین بردن اصطکاک و سائیدگی است.

### کاربرد/مزایا/معایب:

با استفاده از نانوافزودنی‌ها به روغن و مواد روان کننده می‌توان به روغن‌هایی با خواص بسیار بهتر دست یافت و از این طریق ضمن کارکرد بهتر قطعات از فرسودگی زودرس آنها جلوگیری کرده و هزینه‌های تولید را کاهش داد. همچنین می‌توان از ذراتی استفاده کرد که خاصیت نشر و انتقال حرارت زیادی داشته باشند و در عین حال اکسیدکنندگی روغن یا روانساز را کاهش دهند از جمله نانوافزودنی‌های روغن و مواد روان کننده، نانوالماس است. با اضافه نمودن پودر سیاه نانوالماس (۰/۵ درصد وزنی) در روغن‌های روان کننده، ضریب اصطکاک سطح درگیر به همراه این نوع روان کننده کاهش می‌یابد. نانوالماس نوع جدیدی از دیاموندهای سنتزی، به صورت پودر با ذرات نانومتری است. نانوالماس توزیع شده در روان کننده، لایه نازکی بر روی سطح تماس ایجاد می‌نماید و نانوذرات

منافذ ریز موجود بر روی سطح را پر می‌نمایند. علاوه بر آن نانوالماس‌ها به‌صورت ذرات کروی شکل و فوق‌العاده سخت می‌باشد که در سطوح درگیر حرکت چرخشی پیدا می‌کنند.

#### دارنده فناوری/محصول تجاری‌شده:

کمپانی Shenzhen Jingangyuan<sup>۱</sup> شرکتی چینی است که کار تولید و فروش نانوالماس‌ها و محصولات مرتبط با آن را انجام می‌دهد. این کمپانی دارای پتنت در مورد تکنولوژی تولید و ساخت نانوالماس‌ها می‌باشد که می‌توان در ساخت روانساز از آن استفاده کرد.

شرکت روسی Fenom<sup>۲</sup> تولیدکننده روغن روان‌ساز با افزودنی نانومتری نانوالماس با نام اختصاری FN949 می‌باشد. اندازه نانوذرات به‌کار رفته در این افزودنی ۶-۴ نانومتر است.

<sup>۱</sup> <http://www.nanojgy.com>

<sup>۲</sup> [www.fenom.ru/](http://www.fenom.ru/)



## نانوفیلتراسیون آب ورودی و فاضلاب نیروگاهی

### معرفی/توصیف:

برای به حداقل رساندن خطر خوردگی لوله‌های دیگ بخار و رسوب‌های زیاد باقیمانده در سطح لوله‌ها و برای تهیه بخار لازم، می‌بایستی میزان رسوب در آب ورودی نیروگاه کنترل شود. این کنترل معمولاً توسط روش‌های زیر صورت می‌گیرد. الف) نصب واحد تصفیه مایعات به‌طور جزئی و یا کامل برای به حداقل رساندن ناخالصی‌های احتمالی خورنده موجود در آب ورودی، ب) در صورت لزوم، تصفیه آب ورودی برای کنترل کردن رسوب ذرات معلق نامحلول و پایین بردن میزان آن‌ها. آب خروجی نیروگاه که حاوی مواد خطرناک برای محیط‌زیست است نیز باید تصفیه و سپس رها شود.

### کاربرد/مزایا/معایب:

با ورود نانوفیلترهای ارزان به بازار، به‌جای فرآیند پرهزینه تصفیه آب‌های صنعتی می‌توان از نانوفیلتراسیون به‌عنوان جایگزینی برای بخشی از مراحل تصفیه آب استفاده کرد. نانوفیلتر به معنای فیلتری است که اندازه حفرات یا سوراخ‌های آن در حد و اندازه‌های نانومتری است. این در حالی است که بسیاری از موادی که در آب وجود دارند، حتی مواد آلی و نیز باکتری‌ها و ویروس‌ها اندازه‌ای بزرگتر از اندازه سوراخ‌های نانومتری یک نانوفیلتر دارند. پس می‌توان با نانوفیلترها این مواد را بدون افزودن مواد شیمیایی از آب حذف کرد. این غشاءهای نانومتری می‌توانند

باردار بوده و توانایی حذف یونها را نیز دارا باشند. با در دسترس قرار گرفتن این فیلترها در نتیجه توسعه فرایندهای ساخت، می‌توان از طریق کاهش مواد شیمیایی مصرفی در هزینه‌های تولید صرفه‌جویی کرد.

#### دارنده فناوری/محصول تجاری شده:

شرکت هلندی Norit<sup>۱</sup> غشاهای نانوفیلتراسیون و اولترافیلتراسیونی به نام X-Flow تولید می‌کند که قادر به تصفیه خوراک ورودی با ناخالصی‌های تا ۲۰۰ mg/l است. این غشاهای طوری ساخته شده‌اند که توزیع آب را در همه سطح غشاء تضمین می‌کند و نیز امکان شستشو در جهت Back-wash را نیز دارا می‌باشد.

شرکت Argonide<sup>۲</sup> از تولیدکنندگان این نوع فیلترها در آمریکا است. نام تجاری فیلتر تولیدی این شرکت نانوسرام است. این فیلتر قادر به فیلتراسیون کوچکترین ذرات بوده و کارایی آن به‌خاطر الیاف نانومتری آلومینا می‌باشد که در ساختمان آن به‌کار رفته‌است. این فیلترها قادر به فیلتر نمودن ۹۹/۹۹۹۹٪ از ویروس‌ها و باکتری‌ها و میکروب‌ها از آب، با شدت جریان حدود ۲۰۰ برابر سریع‌تر از غشاهای مرسوم، می‌باشد.

<sup>۱</sup> [www.norit.com](http://www.norit.com)

<sup>۲</sup> [www.argonide.com](http://www.argonide.com)



## نانوفیلتراسیون گازهای آلاینده خروجی نیروگاه

### معرفی / توصیف:

یکی از معضلات همیشگی نیروگاه‌های سوخت فسیلی مسئله آلودگی هوا در آنهاست. به همین دلیل این نوع نیروگاه‌ها محیط‌زیست اطراف را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند. همچنین این آلودگی با جریان باد جابجا شده و باعث باران‌های اسیدی می‌شود. بنابراین کنترل احتراق در درجه اول و پس از آن تصفیه دود خروجی از ملزومات یک نیروگاه مدرن در جهت حفظ محیط‌زیست است.

### کاربرد / مزایا / معایب:

با استفاده از نانوفیلترها می‌توان دود را تصفیه کرد و دود با آلودگی کمتری را وارد هوا کرد. بدین ترتیب مسئله آلودگی هوا در نیروگاه‌ها برای همیشه حل خواهد شد. همچنین می‌توان با استفاده از نانوذراتی که خاصیت کاتالیستی دارند مواد مضر دود را به مواد بی‌خطر تبدیل کرد و علاوه بر این می‌توان هوای ورودی به توربین را نیز فیلتر کرد.

**دارنده فناوری/محصول تجاری شده:**

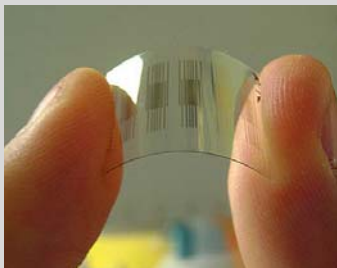
شرکت چینی Ningbo City Haichuang<sup>۱</sup> تولیدکننده سیستم‌های تصفیه هوا با استفاده از ذرات نانومتری فوتوکاتالیست است. این سیستم‌ها دارای مواد چندمنظوره‌ای هستند که باعث تصفیه هوا شده و برای حذف آلاینده‌هایی چون منوکسیدکربن، بنزول، میکروب‌ها، غبار و ... مفید هستند.

شرکت کره‌ای Nano Co, Ltd<sup>۲</sup> که شرکتی پیشرو در پودرهای مواد خام سرامیکی است و هم اکنون به تولید پودرهای نانومتری  $\text{TiO}_2$  و  $\text{WS}_2$  می‌پردازد. این شرکت در جهت تولید سیستم‌های تصفیه هوا فعالیت دارد.

---

<sup>۱</sup> [www.chinahaichuang.com](http://www.chinahaichuang.com)

<sup>۲</sup> [www.nanoin.com](http://www.nanoin.com)



## کنترل گازهای آلاینده خروجی و میکروگازهای مورد استفاده بر وسیله نانو حسگرها

### معرفی/توصیف:

در نیروگاه‌های فسیلی آنچه که باید صورت گیرد، احتراق است. احتراق مخلوط شدن ماده سوختنی و اکسیژن هواست که باید به نسبت معین صورت گیرد و سپس واکنش سوختن رخ دهد. چنانچه اختلاط سوخت و هوا به هر دلیلی از حالت استاندارد خارج شود، سوخت ناقص می‌سوزد و باعث مصرف بیشتر انرژی و سوخت و کاهش انرژی تولیدی می‌شود. راه کنترل و اطلاع از نحوه سوختن، آزمایش و آنالیز گازهای خروجی احتراق است. با اندازه‌گیری گازهای مختلف در گاز خروجی می‌توان به شرایط احتراق پی برد و تمهیدات لازم برای احتراق کامل را تدارک دید. کنترل گازهای خروجی توسط سنسورها صورت می‌گیرد. هرچه سنسور دقیق‌تر باشد و بتواند به صورت دائم اطلاعات کافی و دقیقه و البته واقعی در اختیار اپراتور قرار دهد نظارت و تصمیم‌گیری اپراتور صحیح‌تر بوده و باعث افزایش راندمان می‌شود.

علاوه بر هوا و دود، کنترل آب و دیگر مواد سیال موجود در نیروگاه، فشار مخازن تحت فشار، نیروی اعمالی به قطعات حساس تحت تنش و .... نیز به کنترل هر چه بیشتر جنبه‌های مختلف نیروگاه و کاهش خسارات احتمالی کمک می‌کند. برای نیل به این هدف باید از نانوسنسورهای حساس استفاده کرد.

**کاربرد/مزایا/معایب:**

با استفاده از نانوفناوری می‌توان سنسورهای گازی بسیار دقیق‌تر و با قابلیت پاسخ سریع تولید کرد. با استفاده از ذرات نانومتری در سنسورهای بخش نیروگاهی و به‌طور کلی با نانو ساختار کردن این سنسورها می‌توان به کنترل دقیق‌تر جنبه‌های مختلف نیروگاه دست یافت. مثلاً با استفاده از نانوسنسورهای تنش بر روی قطعات حساس می‌توان از بروز حوادث جلوگیری کرده و قبل از شکست یک قطعه از وضعیت تنشی آن مطلع شد.

**دارنده فناوری/محصول تجاری‌شده:**

شرکت چینی GP Nanotechnology group<sup>۱</sup> که در زمینه نانومواد فعالیت می‌کند در زمینه تولید سنسورهای گازی بر پایه  $\text{SnO}_2$  نیز فعالیت دارد. در حال حاضر این شرکت ظرفیت تولید سالانه دو میلیون سنسور را دارد. مزایای این سنسورهای گاز، دقت فوق‌العاده به دلیل استفاده از مواد نانومتری، مقاومت به سایش، عمر طولانی، واقعی بودن مقادیر نشان داده شده و قیمت کم است.

شرکت آمریکایی Apogee Technology, Inc<sup>۲</sup> سنسورهای فشار سیلیکونی را به مرحله تجاری رسانده است. این شرکت معتقد است که اولین محصولات MEMS تولید شده توسط آن‌ها، دارای اندازه کوچکتر، قیمت ارزان‌تر، کارایی بهتر و دقت بیشتری نسبت به سنسورهای متداول است.

شرکت Hoeck Technologies تولیدکننده وسایل اندازه‌گیری و آزمایش است که فشارسنج دیجیتالی با استفاده از نانو تکنولوژی تولید کرده و اندازه کوچک و وزن بسیار سبک، آن را برای استفاده در سیستم‌های اتوماتیک و دستی مناسب کرده است. این سنسور به راحتی برنامه می‌پذیرد و مقادیر فشار را دقیقاً اندازه می‌گیرد.

<sup>۱</sup> [www.gpnano.com](http://www.gpnano.com)

<sup>۲</sup> [www.apogeeotechinc.com](http://www.apogeeotechinc.com)



شرکت آمریکایی GMA Industries, Inc.<sup>۳</sup> سنسورهایی با اندازه مولکولی توسعه داده‌است که قادر به اندازه‌گیری ولتاژ، جریان و دیگر پارامترهای الکتریکی، همچنین حس کردن تغییر در ساختار شیمیایی مدارهای مجتمع که عامل خرابی مدارهای آن است، می‌باشد.

---

<sup>3</sup> [www.gmai.com](http://www.gmai.com)





## بهبود پوشش و آلایزایاتاقان های حساس

### معرفی / توصیف:

وظیفه یاتاقان کاهش اصطکاک و قرار دادن دستگاه های در حال دوران در موقعیت صحیح آنهاست. مثلاً هدف یک یاتاقان توربین، حفظ سیستم روتور در موقعیت محوری صحیح خود و ایجاد اصطکاک پایین برای تحمل نیروی دینامیکی و استاتیکی محور است. سیالاتی که با فلزات سروکار دارند به علاوه روانسازها، برای روانسازی یا خارج کردن حرارت در بسیاری از فرایندهای صنعتی کاربرد گسترده ای یافته اند. اما به دلیل مسائل زیست محیطی استفاده از برخی از این روانسازها همراه با مشکلاتی برای محیطی که در آن زندگی می کنیم بوده اند.

### کاربرد / مزایا / معایب:

راه حل بهتر در این زمینه استفاده از پوشش های خودروان ساز هستند. این پوشش ها در بلبرینگ ها و سطوحی که در معرض اصطکاک ناخواسته هستند کاربرد دارند. نانوفناوری با ارائه پوشش های جدید سخت، چقرمه و خودروان ساز می تواند ضمن کاهش اصطکاک و عمر طولانی یاتاقان ها، نیروی تلف شده در آنها را کاهش داده و از این رو باعث کاهش هزینه تولید برق در نیروگاه شود.

**دارنده فناوری/محصول تجاری شده:**

شرکت آمریکایی Dimension Bond<sup>۱</sup> در لیست محصولات تجاری خود در زمینه مواد بلبرینگ، محصول نانوکامپوزیتی تقویت شده دارد که نسبت به دیگر محصولات این شرکت دارای مقاومت به سایش بالاتری است. این شرکت موارد استفاده این بلبرینگ را در کاربردهایی با بالاترین استحکام و بالاترین مقاومت به سایش ذکر کرده است.

---

<sup>۱</sup> [www.dimensionbond.com](http://www.dimensionbond.com)



## سیال انتقال حرارت با عملکرد بالا

### معرفی/توصیف:

اینکه افزوده شدن ذرات جامد به مایعات، انتقال حرارت آنها را افزایش می‌دهد امری کاملاً شناخته شده است و مطالعات نظری آن به دهه اول ۱۸۰۰ و ماکسول مربوط می‌شود، اما تحقق عملی آن به دلیل در دسترس نبودن ذرات کوچک مناسب عملاً تا به امروز امکان‌پذیر نبوده است. استفاده از ذرات بزرگتر هم معمولاً مشکلاتی مانند رسوب ذرات در مایع، لخته (کلوخه) شدن شیارهای سیال و سایش قطعات پمپ‌کننده مایع را به همراه داشته است. بنابراین بسیاری از صنایع از تولید انرژی گرفته تا میکروالکترونیک، به سیالات جدید و کارآمدی برای انتقال حرارت نیاز دارند. چنین سیالاتی مزایای قابل توجهی را برای فناوری کنونی روان‌سازها و خنک‌کننده‌ها به همراه خواهند داشت.

### کاربرد/مزایا/معایب:

یکی از گزینه‌های مناسب برای افزایش بازدهی انتقال حرارت خنک‌کننده‌ها یا هر سیال دیگری استفاده از نانوسیال‌ها است. حسن این نانوذرات آن است که مشکل ذرات بزرگتر را نداشته و یا آن را تا حد قابل توجهی کاهش می‌دهند. اندازه فوق‌العاده کوچک این ذرات موجب می‌شود تا به راحتی و بدون لخته شدن و یا ساییدن پمپ، جریان پیدا کنند. به علاوه احتمال رسوب آنها نیز کمتر است و به راحتی و با روش‌های مناسب می‌توان مقدار آنها را کاهش داد یا از مایع خارج نمود.

از طرفی با استفاده از نانوسیالات حاوی نانوذرات رسانا، امکان ساخت موتورها، پمپ‌ها و رادیوتورهای سبک‌تر و کوچک‌تر و دیگر قطعات کوچک و بزرگ موردنیاز خودرو فراهم می‌شود. به این ترتیب موتور خودروها و هواپیماها سبک‌تر شده و مسافت بیشتری را با همان مقدار سوخت موتورهای معمولی می‌پیمایند. این دستاورد تأثیر قابل توجهی در کاهش انتشار آلاینده‌ها داشته و در نهایت به سلامت بیشتر محیط‌زیست کمک خواهد کرد.

#### دارنده فناوری/محصول تجاری شده:

شرکت آمریکایی NanoDynamics<sup>۱</sup> هم اکنون نانوموادى مانند نانوذرات مس (۲۰۰ نانومتر، صدهزار کیلوگرم در سال)، نقره (۱۰ نانومتر) و فلزات دیگر، اکسیدها، سرامیک‌ها و نانولوله‌های کربنی را تولید می‌کند و روش‌های منحصربه‌فردی در شکل‌دهی نانوسیالات مسی در سیستم‌های شیمیایی و بسیار شبیه به آنچه در خنک‌کننده‌های اتومبیل به کار می‌رود ابداع نموده و در اختیار دارد.

---

<sup>۱</sup> [www.nanodynamics.com](http://www.nanodynamics.com)



## پیل های سوختی بهبود یافته

### معرفی/توصیف:

استفاده از نانوفناوری در ساخت، پوشش دهی و بهبود کاتالیست های مورد استفاده در پیل سوختی از کاربردهای عملی این فناوری در زمینه تأمین انرژی است.

### کاربرد/مزایا/معایب:

با استفاده از این مواد می توان میزان مصرف مواد گران قیمت در ساخت کاتالیست ها را کاهش داد، بازدهی پیل را افزایش داد و موانع عملیاتی برای تجاری شدن پیل های سوختی را از بین برد. خودروهای سبک بیشترین بازار را برای استفاده از پیل های سوختی دارند.

### دارنده فناوری/محصول تجاری شده:

شرکت FUCHSIA سیستم ذخیره سازی سبک برای خودروها توسعه داده است که در دمای مناسب و فشار کم کار می کند.

شرکت تایوانی Asia Pacific Fuel Cell Technologies Ltd<sup>۱</sup> الکترودهای غشایی نانولوله‌های کربنی جدید برای پیل‌های سوختی هیدروژنی و متانولی اختراع کرده‌است که ۷۵٪ پلاتین کمتری مصرف می‌کند و این موجب افزایش قدرت رقابت آنها می‌شود.

---

<sup>۱</sup> [www.apfct.com](http://www.apfct.com)





## باتری با زمان شارژ و ظرفیت انرژی بهبود یافته

### معرفی/توصیف:

به طور طبیعی وقتی مواد در مقیاس نانو مورد استفاده قرار می‌گیرند سرعت شارژ و دشارژ باتری چندین برابر افزایش می‌یابد.

### کاربرد/مزایا/معایب:

تأثیر کوتاه مدت نانوفناوری بر فناوری باتری سازی، از به کارگیری نانوذرات حاصل خواهد شد. آنها بدون تأثیرگذاری زیاد بر ظرفیت کل، سرعت شارژ و تخلیه را بهبود می‌بخشند.

### دارنده فناوری/محصول تجاری شده:

با استفاده از نانومواد باتری‌هایی نیمه صنعتی در گروه انرژی دانشگاه آمریکایی Rutgers<sup>1</sup> ساخته شده است که ویژگی‌های زیر را دارد:

- نرخ شارژ خیلی سریع: ۶ دقیقه زمان برای شارژ کامل در مقایسه با یک یا دو ساعت برای باتری‌های متداول، بسیار قابل توجه است. اگر از این باتری‌ها در خودروهای الکتریکی استفاده شود، این زمان معادل زمان لازم برای پرکردن باک خودروهای بنزینی می‌باشد.

<sup>1</sup> [www.rutgers.edu](http://www.rutgers.edu)

- پتانسیل تخلیه سریع: از این ویژگی می‌توان در کاربردهای نیرو و خودروهای هیبریدی استفاده کرد.
- طول عمر زیاد: ۹۰۰۰ سیکل عمر آن توسط Rutgers تست شده‌است و پیش‌بینی می‌شود این باتری‌ها ۲۰.۰۰۰ سیکل طول عمر داشته باشند. (در مقایسه با ۱۰.۰۰۰ سیکل باتری‌های متداول). در خودروهای الکتریکی این ویژگی باعث کاهش هزینه می‌گردد.

طراحی ایمن: این باتری‌ها در دمای پایین کار می‌کنند، لذا خطر انفجار کاهش می‌یابد

کمپانی Toshiba نسل جدیدی از باتری‌های یون-لیتیم را به بازار معرفی کرده‌است که ۶۰ بار سریعتر از باتری‌های متداول یون لیتیم، تا ۸۰٪ ظرفیت انرژی خود شارژ می‌شود. در این باتری‌ها از نانومواد استفاده شده‌است.



## تولید پلیمرهای مقاوم با استفاده از نانوکامپوزیت‌های خاک رسی

### معرفی / توصیف:

نانوکامپوزیت به دسته خاصی از کامپوزیت گفته می‌شود که حداقل یکی از اجزای آنها نانومقیاس باشد. بیشتر نانوکامپوزیت‌ها دارای مقدار کمی (عموماً کمتر از ۵ درصد وزنی) از پرکننده‌های معدنی ورقه‌ای و یا نانولوله‌های کربنی دارای ساختار منفرد می‌باشند.

### کاربرد/مزایا/معایب:

به دلیل ابعاد نانومقیاس پرکننده‌های مورد استفاده در نانوکامپوزیت‌ها، برهم‌کنش بین پرکننده و ماتریس با برهم‌کنش موجود در کامپوزیت‌های معمولی متفاوت است. این برهم‌کنش‌ها با شکل‌های مختلف روی ویژگی‌های فیزیکی نانوکامپوزیت‌ها اثر می‌گذارد. برخی از ویژگی‌های عمومی نانوکامپوزیت‌ها عبارتند از: افزایش مقاومت کششی، مدول و دمای اعوجاج حرارتی بهینه؛ رنگ نیمه‌شفافیت؛ خاصیت عایقی؛ مقاومت در برابر سوختن؛ ویژگی‌های انسدادی بالا؛ ویژگی‌های ضد خوردگی؛

نایلون‌های پر شده با مونتموریلونیت نسبت به نایلون خالص دارای چندین مزیت عملی، به‌ویژه در مورد مقاومت در برابر حرارت، می‌باشند. به همین دلیل، این مواد برای ساخت قطعات موتور و سایر اجزای درونی اتومبیل مانند تسمه تنظیم زمان (که به مقاومت حرارتی و وزن سبک‌تر نیاز است) مناسب می‌باشند.

در نانوکامپوزیت‌های TPO/مونت‌موریلونیت، از نانوذرات خاک رس برای افزایش سختی، شکل‌پذیری در دمای پایین و مقاومت در برابر خراش بهره گرفته می‌شود. این مواد جلا و زیبایی سطحی بالا و بین ۱۰ تا ۲۰ درصد صرفه‌جویی وزنی دارند. مزیت دیگر این نانوکامپوزیت‌ها قابلیت به‌کارگیری آنها در تجهیزات قالب‌گیری کنونی است. کاربردهای نانوکامپوزیت‌های خاک رسی TPO/مونت‌موریلونیت در صنعت خودروسازی در حال افزایش است. از نانوکامپوزیت‌های PP/مونت‌موریلونیت برای اولین بار در پشتی صندلی خودروی Acura TL ۲۰۰۴ استفاده شد. همچنین کنسول مرکزی یک کامیون مدل ۲۰۰۶ از نانوکامپوزیت PP/مونت‌موریلونیت ساخته شده است. ویژگی‌های نانوکامپوزیت‌های PE/مونت‌موریلونیت مشابه نانوکامپوزیت‌های PP/مونت‌موریلونیت است. نانوکامپوزیت‌های استال/مونت‌موریلونیت در دهه ۱۹۹۰ به‌منظور کاربردهای خودروسازی و الکترونیک ساخته شدند. نانوکامپوزیت‌های استالی در مقایسه با پلیمرهای پرنشده استال، ۴۰ درصد مدول انعطاف‌پذیری بیشتر و ۴۵ درصد فرارهای مقاومت حرارتی بالاتری دارند. در حال حاضر چندین شرکت سازنده ژاپنی به فروش نانوکامپوزیت‌های استال/خاک رس اشتغال دارند. نانوکامپوزیت‌های نایلون/فلوئورید میکا ویژگی‌هایی مشابه نانوکامپوزیت‌های نایلون/مونت‌موریلونیت دارند. تاکنون کاربردهای اصلی این مواد در صنعت خودروسازی بوده است.

#### دارنده فناوری/محصول تجاری‌شده:

نانوکامپوزیت‌های نایلون/مونت‌موریلونیت که در دهه ۱۹۸۰ توسط شرکت تویوتا ساخته شدند، اولین نانوکامپوزیت تجاری موفق بوده، هم اکنون نیز بیشترین کاربرد را در میان انواع مختلف نانوکامپوزیت‌ها دارند. در اوایل سال ۱۹۹۰ شرکت تویوتا از نانوکامپوزیت‌های نایلون-رس، در پوشش کمربندهای ایمنی خودرو استفاده کرد. از آن زمان تاکنون، تویوتا مجوز فناوری نانوکامپوزیت نایلونی خود را به شرکت‌های Ube Industries<sup>۱</sup> در ژاپن و Nanocor<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> www.ube.com

<sup>۲</sup> www.nanocor.com/

در ایالات متحده واگذار کرده‌است. همچنین، شرکت Nanocor مجوز این فناوری را به شرکت‌های کوچکی که به دنبال ساخت نانوکامپوزیت‌های نایلون<sup>۶</sup> هستند، واگذار می‌کند.

شرکت ژاپنی Ube Industries یکی از اولین شرکت‌هایی است که نانوکامپوزیت تجاری تولید کرده است. محصول این شرکت که «هیبرید نایلون-خاک رس» یا NCH نام داشت از پلیمرهای نایلون<sup>۶</sup> و پلیمرهای مشترک نایلون<sup>۶/۶</sup>-۶ تشکیل شده بود و دارای کاربردهای پوششی و ساختمانی بود. کاربردهای تجاری NCH عبارتند از: پوشش‌های مانعی نایلون<sup>۶</sup> برای بسته‌بندی مواد غذایی و یک پوشش تسمه تنظیم زمان برای موتورهای تویوتا.

شرکت انگلیسی Basell Polyolefins، شریک خطرپذیر شرکت‌های BASF و Shell، یکی از بزرگترین عرضه کنندگان پلی اتیلن و محصولات پلی‌اولفینی پیشرفته می‌باشد. این شرکت و شرکت‌های GM<sup>۳</sup> و Southern Clay Products<sup>۴</sup>، در پروژه‌ای مشترک یک پلکان نانوکامپوزیتی مبتنی بر اولفین‌های ترموپلاستیکی برای دو مدل از ون‌های شرکت جنرال موتورز تولید کرده‌اند.

شرکت آمریکایی InMat<sup>۵</sup> فعالیت خود را به‌عنوان همکار برنامه توسعه Hoechst Research and Technology و یک تولیدکننده اصلی تایر آغاز کرد. در سال ۱۹۹۷، این برنامه به کشف یک نانوکامپوزیت لاستیک/ورمیکولیت لایه‌لایه بوتیلی انعطاف‌پذیر منجر گردید. نفوذپذیری نانوکامپوزیت مذکور در برابر گازها، ۸۰ برابر کمتر از لاستیک نیتریل می‌باشد.

شرکت آمریکایی Noble Polymers<sup>۶</sup> ترکیبات رزینی با کارایی بالا و ابزارهای پلاستیکی تولید می‌کند. این شرکت، در سال ۲۰۰۳، نانوکامپوزیت مبتنی بر PP خود را با نام Forte تولید کرد. سایر کاربردهای ماده مذکور عبارتند از: تجهیزات اداری (جایگزینی ۲۰ درصد PP پرشده با شیشه) و لوازم خانگی.

<sup>۳</sup> [www.gm.com](http://www.gm.com)

<sup>۴</sup> [www.scprod.com/](http://www.scprod.com/)

<sup>۵</sup> [www.inmat.com](http://www.inmat.com)

<sup>۶</sup> [www.noblepolymers.com](http://www.noblepolymers.com)

شرکت آمریکایی PolyOne<sup>۷</sup> ارائه‌دهنده بین‌المللی خدمات پلیمری در زمینه‌ها ترکیبات ترموپلاستیک، آماده‌سازی پلیمر ویژه و سیستم‌های رنگی و افزودنی است. محصول Nanoblend این شرکت، شامل نانوپلیمرهای پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن برای قطعات TPO داخلی و خارجی اتومبیل بسیار مناسب است. سایر کاربردهایی که برای این محصول بررسی می‌شوند، پوشش‌های ضدنفوذ و پلیمرهای نسوز هستند. این شرکت ترکیب دیگری با نام تجاری Maxxamlst تولید کرده‌است و شرکت‌های خودروسازی با آن قطعات نانوکامپوزیتی مختلف از طریق قالبگیری تزریقی تولید کرده‌اند که دارای نانوذرات رسی مونتموریلونیت بوده و به‌همین علت دارای خاصیت کشسان و استحکام مضاعف می‌باشد.

شرکت Unitika<sup>۸</sup> در ژاپن، یکی از بزرگترین تولیدکنندگان نانوکامپوزیت‌های نایلون ۶ برای کاربردهای خودروسازی است. یکی از محصولات این شرکت، Nylon M2350 است که با استفاده از فناوری اختصاصی این شرکت ساخته می‌شود. پوشش‌های براق و دسته‌های چاقو، سایر کاربردهای این محصول می‌باشند. محصولات این شرکت در آمریکای شمالی توسط Toyota Tsusho توزیع می‌شود.

علاوه بر این شرکت آمریکایی Honeywell<sup>۹</sup> با استفاده از نانوکامپوزیت نایلون ۶ و Polymeric Supply با استفاده از پلی‌استر اشباع نشده، در این حوزه محصول تولید می‌کنند.

Southern Clay products<sup>۱۰</sup> به‌منظور توسعه نانو ساختارهای رسی، پروژه‌ای با همکاری جنرال موتورز و Montell جهت تهیه نانوکامپوزیت‌های ترموپلاستیک مورد استفاده در خودرو، انجام داده‌اند.

<sup>7</sup> [www.polyone.com](http://www.polyone.com)

<sup>8</sup> [www.unitika.co.jp/e/home.htm](http://www.unitika.co.jp/e/home.htm)

<sup>9</sup> [www.honeywell.com](http://www.honeywell.com)

<sup>10</sup> [www.scprod.com](http://www.scprod.com)



## تولید پلیمرهای مقاوم با استفاده از نانوکامپوزیت‌های نانولوله کربنی

### معرفی/توصیف:

با ادغام نانولوله‌های کربنی با پلیمرها می‌توان از مقاومت مکانیکی و سایر ویژگی‌های نانولوله‌های کربنی به شکلی بهینه بهره گرفت. نانولوله‌های کربنی، ساختارهای کربنی طویل، توخالی و استوانه‌ای شکل هستند که از رول شدن صفحات گرافیت تشکیل شده‌اند. نانولوله‌ها دو نوع تک‌دیواره یا SWNT و چنددیواره یا MWNT دارند.

### کاربرد/مزایا/معایب:

در حالت کلی، کامپوزیت‌های نانولوله کربنی از پلیمرهای متفاوتی ساخته می‌شوند و میزان بار نانولوله در این مواد بین ۲ تا ۵ درصد است. استفاده از نانولوله‌ها، ویژگی‌های متنوعی (بسته به نوع کاربرد) به کامپوزیت‌ها می‌بخشد. نمونه‌هایی از این خواص عبارتند از مقاومت مکانیکی و وزن سبک؛ در کاربردهای نانوکامپوزیتی تجاری، از MWNTها بیش از SWNTها استفاده شده‌است. هزینه بالای SWNTها، کاربردهای آنها را به چند کاربرد دفاعی و هوافضا محدود کرده است.

نانوکامپوزیت‌های نایلون/MWNT، ویژگی مقاومت شیمیایی نایلون در برابر بنزین را با ویژگی‌های پراکنده‌سازی MWNTها ادغام می‌کنند. درصد پایین پرکننده نانولوله‌ای موردنیاز، موجب حفظ انبساط کششی رزین و همچنین حفظ ویژگی‌های انسدادی آن در برابر بخار بنزین می‌شود. این ویژگی‌ها باعث استفاده نانوکامپوزیت‌های نایلون/MWNT در لوله‌های سوخت می‌شود.

## دارنده فناوری/محصول تجاری شده:

شرکت آمریکایی GE Plastics<sup>۱</sup> عرضه‌کننده جهانی رزین‌های پلاستیکی و یکی از مشتریان اصلی نانولوله‌های چنددیواره شرکت Nanocor است. این شرکت یک رزین ترموپلاستیکی مهندسی مبتنی بر پلی‌فنیلن اتر، پلی‌آمیدها (PAs) و MWNTها، با نام تجاری Noryl GTX تولید می‌کند. چنانچه سایر افزودنی‌ها به این فناوری اضافه شوند، خانواده‌ای از رزین‌ها با گستره وسیعی از ویژگی‌های فیزیکی و ترمومکانیکی تولید می‌شوند. ویژگی‌های کلی Noryl GTX، محصول شرکت GE Plastics عبارتند از: مقاومت حرارتی بالا، ویژگی‌های الکتریکی بسیار خوب، پایداری هیدرولیکی، پایداری ابعادی، انقباض قالب پایین و خزش بسیار کم در دماهای بالا. علاوه بر این، بسیاری از محلول‌های آبی، شوینده‌ها، اسیدها و بازها بر روی این ماده بی‌تأثیر هستند. لذا می‌توان از رزین‌های Noryl در فرآیندهای مختلفی مانند قالب‌گیری تزریقی، اکستروژن، قالب‌گیری بادی و قالب‌گیری فوم ساختمانی استفاده کرد.

محصول اصلی شرکت آمریکایی Hyperion Catalysis International<sup>۲</sup>، یک نانولوله کربنی چنددیواره است که با کاتالیستی به نام Fibril رشد داده شده‌اند. این شرکت مسترچ‌های پلیمری و ترکیباتی که دارای ۱۵ تا ۲۰ درصد نانولوله کربنی هستند، و همچنین ترکیبات آماده برای قالب‌گیری، تولید می‌کند. این مواد به‌منظور ساخت ترکیبات پلاستیکی برای پانل‌ها، روکش‌ها و لوله‌های سوخت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

شرکت ژاپنی NKK<sup>۳</sup> تولیدکننده فولاد است و از نانوذرات کربنی جهت تولید فولادی با قدرت کششی بالا استفاده می‌نماید که از این فولادها در وسایل نقلیه خود استفاده می‌نماید.

<sup>۱</sup> [www.geplastics.com](http://www.geplastics.com)

<sup>۲</sup> [www.fibrils.com](http://www.fibrils.com)

<sup>۳</sup> [www.nkk.co.jp](http://www.nkk.co.jp)





## تولید پلیمرهای مقاوم با استفاده از نانوکامپوزیت های سرامیکی

### معرفی / توصیف:

نانوکامپوزیت های سرامیکی شامل ذرات نانومقیاس سرامیک هستند که به عنوان پرکننده درون گونه های مختلفی از مواد ماتریسی، مانند پلیمرها و یا سایر سرامیک ها، پخش می شوند.

### کاربرد / مزایا / معایب:

سرامیک ها به طور کلی چندین خصوصیت مطلوب دارند که عبارتند از: دوام شیمیایی، دوام مکانیکی، دوام حرارتی.

### دارنده فناوری / محصول تجاری شده:

هم اکنون ارتش ایالت متحده<sup>۱</sup> از پوشش دهی پاششی حرارتی نانوکامپوزیت سرامیکی (آلومینا/تیتانیا) برای کاربردهایی مانند شیرهای خروجی و محفظه هوای زیردریایی و شفت های جلوبرنده کشتی مین روب، بهره می گیرد. این پوشش ها در برابر سایش، فرسایش و خوردگی بسیار مقاومند و به دلیل شکل پذیری قابل قبول، برای کاربردهایی که در آنها نمی توان از پوشش های سرامیکی معمولی استفاده کرد، مناسبند.

<sup>1</sup> www.army.mil

شرکت آمریکایی Inframmat<sup>۲</sup> یک پوشش نانوکامپوزیتی سرامیکی مبتنی بر آلومینا و تیتانیا، برای کشتی‌های نیروی دریایی ایالات متحده می‌سازد. این محصول با نام تجاری Nanox 2613 شناخته شده‌است و در برابر سایش، فرسایش و خوردگی بسیار مقاوم است و به دلیل شکل‌پذیری قابل قبول، می‌توان از آنها به جای پوشش‌های سرامیکی معمولی استفاده کرد.

دو شرکت آمریکایی Pittsburgh Paint and Glass<sup>۳</sup> و Valspar<sup>۴</sup> از سازندگان بزرگ پوشش‌ها، رنگ‌ها و سایر محصولات مربوطه هستند و پوشش‌های نانوکامپوزیتی سرامیکی را برای کف‌های آماده ساختمان تولید می‌کنند.

---

<sup>۲</sup> [www.inframmat.com](http://www.inframmat.com)

<sup>۳</sup> [www.ppg.com](http://www.ppg.com)

<sup>۴</sup> [www.valspar.com](http://www.valspar.com)



## تولید و ذخیره‌پراندان هیدروژن به عنوان سوخت پاک

### معرفی/توصیف:

ارزش سوختی بالا و فقدان آلاینده‌های زیست‌محیطی، هیدروژن را به سوختی جذاب تبدیل کرده‌است. لذا روش‌های جدید تولید هیدروژن پاک در حال گسترش هستند.

### کاربرد/مزایا/معایب:

نانوکاتالیست‌ها در انواع فرآیندهای تولید هیدروژن یک عنصر کلیدی می‌باشند. توسط ویژگی‌های نانومتری کاتالیست‌ها، می‌توان میزان فعالیت، قابلیت انتخاب و عمر کاتالیست‌ها را کنترل کرد. استفاده از نانوکاتالیست‌ها پتانسیل خوبی برای کاهش هزینه‌ها در بر دارد. همچنین نانوذرات، سایت‌های کاتالیستی در سیستم ذخیره‌سازی هیدرید را افزایش می‌دهد و سرعت جذب، دفع، دما و فشار ذخیره‌سازی هیدروژن را بهبود می‌بخشد.

### دارنده فناوری/محصول تجاری‌شده:

کمپانی انگلیسی OEC با استفاده از مواد نانوکریستالی، تولید هیدروژن از انرژی خورشیدی را از طریق شکست آب بهبود بخشیده است. آن‌ها دو سلول فتوولتائیک را به صورت سری قرار دادند. الکتریسته تولیدی، مولکول آب را شکسته و هیدروژن تولید می‌کند. پوشش‌های به کار رفته روی سلول‌ها ۳۰-۵۰ nm می‌باشند و ماده از نوع

mesoporous است که سطح ویژه بالایی برای فعال‌سازی دارد. شرکت انگلیسی HydrogenSolar<sup>۱</sup> تکنولوژی شرکت OEC را با نام The Tandem Cell به بازار عرضه کرده‌است. نوعی از نانوکاتالیست با نام تجاری NxCat<sup>TM</sup> توسط شرکت آمریکایی Headwaters Incorporated<sup>۲</sup>، برای افزایش راندمان فرایند تولید هیدروژن از طریق ریفرمینگ، تولید شده‌است. نانوذرات NxCat<sup>TM</sup> از نظر اندازه و ترکیب بسیار یکنواخت بوده و پایداری بالایی دارند. شرکت کانادایی HERA تولید نیمه‌صنعتی ذخیره‌سازی هیدروژن با استفاده از هیدریدهای موجود را برای وسایل حمل و نقل که دور از جاده هستند، مانند کامیون‌های معادن، و حمل و نقل هوایی و دریایی، شروع کرده‌است. با استفاده از تکنولوژی جدید نانوکاتالیست‌های خود، آنها ظرفیت ذخیره هیدروژن را برای مواد بر پایه آلانات تا بیش از ۳٪ افزایش داده‌اند.

---

<sup>۱</sup> [www.hydrogensolar.com](http://www.hydrogensolar.com)

<sup>۲</sup> [www.headwaters.com](http://www.headwaters.com)