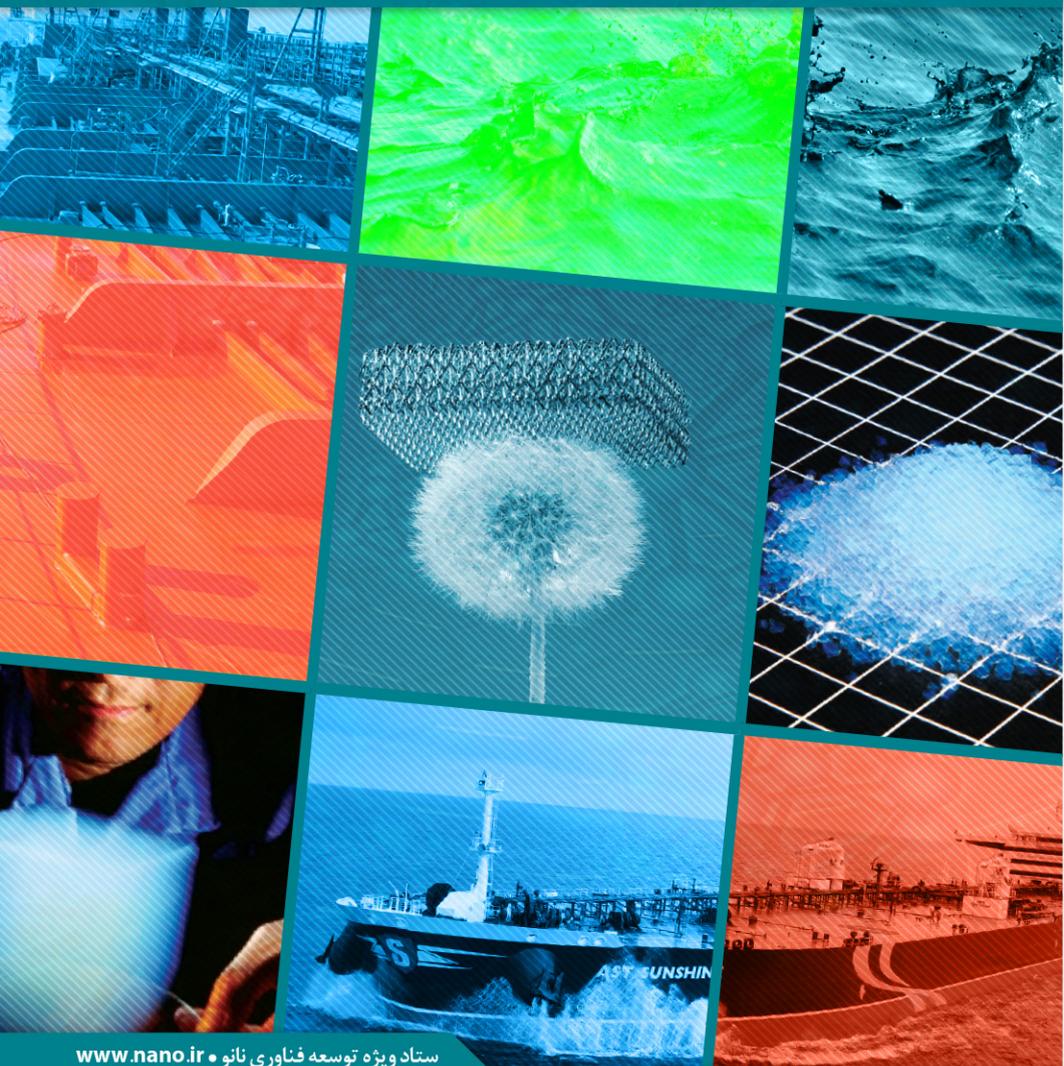


بهره‌گیری از جاذب‌های نانو بر پایه آتروژل‌ها در حذف آلاینده‌های نفتی و تصفیه پساب‌های صنعتی

سال انتشار: ۱۳۹۴

ویرایش نخست



فناوری نانو یکی از دستاوردهای ارزشمند بشری است که ارائه راه حل های متنوع و نوآورانه را تقریباً برای تمامی معضلات زندگی بشر تحقیق می کند. فناوری نانو قابلیت مشاهده و دست کاری در مقیاس اتمی و مولکولی است. بر این اساس می توان خصوصیات مطلوب یک ماده را چندین برابر نمود و خصوصیات غیر مطلوب را حذف کرد. همچنین بسیاری از ترکیباتی که با فناوری نانو ارائه می شوند، خصوصیات منحصر به فردی را نمایان می سازند که در جهان مادی منحصر به فرد است.

آلودگی های نفتی آب و پساب های صنعتی، راه حل های فناوری نانو

به دلایل مختلفی از جمله عملیات روزمره پایانه ها و تانکرهای حمل نفت، سوانح احتمالی، ورود مقادیری از آلودگی های نفتی به آب دریا اجتناب ناپذیر است. نشت نفت در آب دریاها می تواند به مرور فجاجی زیست محیطی همچون رسوب در ساحل را رقم بزند که در نهایت منجر به مرگ یا کاهش تعداد بسیاری از جانداران گردد (شکل ۱). همچنین فعالیت های اکتشافی استخراج و بهره برداری از منابع نفتی و گاه نشت احتمالی مواد نفتی و فاضلاب های مربوطه از پالایشگاه ها و صنایع پتروشیمی می تواند به آلودگی منابع آب زیرزمینی نیز منجر شود. به طور معمول از عواملی همچون میکرو ارگانیزم ها، تمهیدات مکانیکی (اسکیمرها)، دترجنت ها و جاذب ها برای برطرف نمودن آلودگی های نفتی آب استفاده می گردد. تنها مقادیر کمی از آلودگی های مواد روغنی و نفتی توسط باکتری های محیط از بین می روند و حذف مابقی آلودگی ها از محیط زیست بسیار زمان بر خواهد بود. استفاده از کاتالیزورها بازده مطلوبی در بر نخواهد داشت چرا که حجم زیاد آب دریاها و رودخانه ها به شدت از بازدهی عملکرد کاتالیزورها می کاهد. اکثر سیستم های جمع آوری آلاینده های نفتی گران و هزینه بر هستند به همین دلیل ساخت ابر جاذب ها برای جمع آوری آلاینده های روغنی از سطح آب و همچنین فاضلاب های صنعتی ضروری به نظر می رسد.



شکل ۱. تاثیر آلودگی نفتی بر زندگی جانداران و اثرات جبران ناپذیر زیست محیطی

فناوری نانوگزینه‌های متعددی را برای حذف آلاینده‌های نفتی و روغنی در آب و فاضلاب پیشنهاد می‌دهد. از این دسته می‌توان به ساختارهایی نظیر آتروژل‌ها، پخش‌کننده‌های نانویی^۲، نانوغشاها، نانوفوم‌ها، نانوفیلترها و نانوپدها اشاره نمود. در بسیاری از این ساختارها از نانوفوم‌های کربن، نانوذرات مغناطیسی و همچنین نانوساختارهای سیلیکاتی جهت ایجاد تخلخل و آب‌گریز نمودن سطح بهره‌برده شده است. در بسیاری موارد ابرآبگریزی^۳ می‌تواند بوسیله نانوساختارهای ویژه ایجاد گردد.

آتروژل‌ها، سبک‌ترین جامدات جهان با قابلیت جذب بالا

ژل ماده‌ای با تخلخل بسیار زیاد است که در فضای خالی خود می‌تواند مقدار فراوانی از ماده خارجی را جذب نماید. آتروژل‌ها در حالت معمول تا حجمی نزدیک به ۹۰ درصد از هوا پر شده‌اند و استحکام بالایی چهارچوب آن کمک می‌کند تا ساختار متخلخل از هم نپاشد. به این دلیل که حجم بیشتر آتروژل هوا است، به عنوان سبک‌ترین ماده جامد جهان شناخته می‌شود. گاه نیز به آتروژل‌ها در اصطلاح «دود منجمد» گفته می‌شود. آتروژل‌ها می‌توانند در معمول‌ترین حالت جنس سیلیکاتی و یا کربنی داشته باشند (شکل ۲).

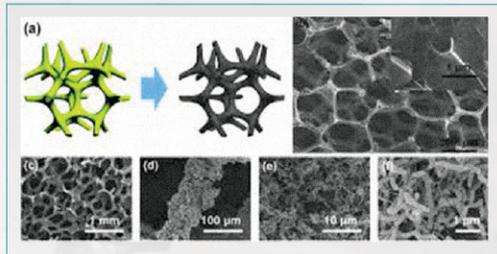


شکل ۲. شکل راست: آب‌گریزی آتروژل سیلیکاتی، شکل وسط: آتروژل سیلیکاتی با ساختار شفاف، شکل چپ: آتروژل کربنی روی گل قاصدک قرار داده شده و وزن پایین آن هیچ تغییری بر ساختار ظریف قاصدک ایجاد نکرده است.

آتروژل کربنی از ذرات نانومتری یا نانوساختارهای کربنی (گرافن، نانولوله یا نانوفیبر کربن) بهم پیوسته تشکیل شده است. این ترکیبات دارای تخلخل بالای ۵۰٪ و قطر تخلخل زیر ۱۰۰ نانومتر می‌باشند (شکل ۳). همچنین سطح فعالی در حدود ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ مترمربع بر گرم را از خود نشان می‌دهند. معمولاً در اشکال تجاری کاغذ، پودر، گرانول و مونولیت ارائه می‌شوند. گاه به نام‌های نانوفوم‌های کربن یا نانواسفنج‌های کربنی نیز شناخته شده‌اند. هرچند آتروژل‌های کربنی در اصطلاح تخصصی ترکیباتی با قابلیت‌های بالاتری نسبت به فوم‌های کربن می‌باشند. هر دو این موارد نسبت به کربن فعال، کارایی بسیار بالاتری را نشان می‌دهند.

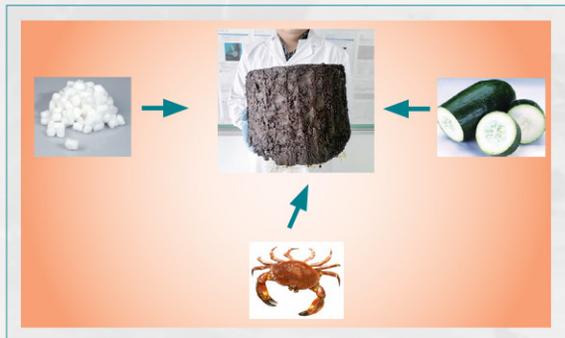
در مقایسه با کربن فعال، سطح موثر بسیار بیشتری در خصوص آتروژل‌ها مورد انتظار است. معمولاً آتروژل‌های کربنی از کربونیزاسیون پیش‌پلی‌مرهای RF (رزورسینول-فرمالدهید) و یا ساختارهای سلولزی (معمولاً مواد طبیعی) ساخته می‌شوند. همچنین برخلاف کربن فعال سطح آتروژل‌های کربنی فاقد گروه‌های اکسیژن‌دار است. عدم حضور گروه‌های اکسیژن‌دار به آب‌گریزی بیشتر سطح کمک می‌کند

که این خود منجر به جذب بهتر گونه‌های آلی و روغنی می‌شود.



شکل ۳. کربونیزاسیون پیش‌ماده پلیمری، تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی^۲ از یک آنروژل کربنی در بزرگ‌نمایی‌های متفاوت

به طور کلی مشکل گران‌قیمتی ترکیبات آنروژلی سیلیکاتی در مورد آنروژل‌های کربنی وجود ندارد. یکی از عمده‌ترین مزایای تولید آنروژل کربنی، این است که می‌توان آنها را از مواد دور ریختنی و یا ارزان‌قیمتی مثل پوست خرچنگ، پنبه، خیار سبز و... تولید کرد (شکل ۴).



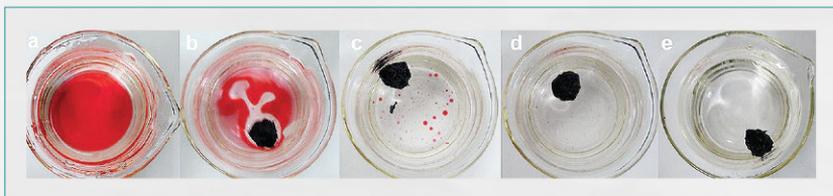
شکل ۴. ساخت آنروژل از مواد مختلف

آنروژل‌ها در حذف آلاینده‌های نفتی

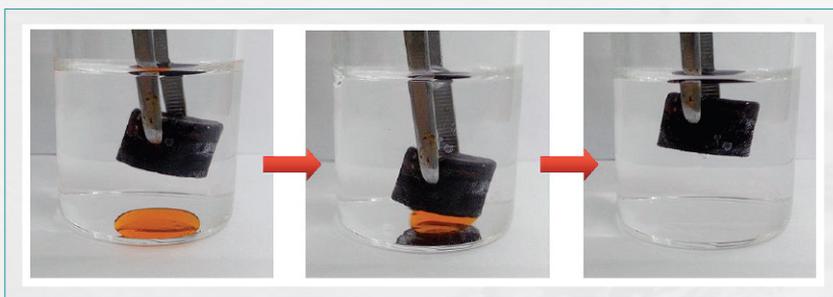
آنروژل‌های آب‌گریز می‌توانند تا بیش از ۱۰۰ برابر وزن اولیه خود ترکیبات آلی را جذب نمایند و در عین حال آب را جذب نکنند. جذب آب توسط جاذب‌های نفتی یکی از مشکلاتی است که به کاهش کارایی چنین جاذب‌هایی در استفاده‌های عملیاتی می‌انجامد. همچنین این جاذب‌ها می‌توانند بارها و بارها مورد استفاده مجدد قرار گیرند. همچنین کار آبی اولیه را در دفعات استفاده مجدد به خوبی حفظ می‌کنند. آنروژل‌هایی با ساختار متعدد می‌توانند در جهت حذف آلاینده‌های نفتی و روغنی به کار گرفته شوند. سیلیکا آنروژل‌های آب‌گریز (تلفیق نانوزل و آنروژل)، آتروسرها (آتروکلی)، مائروژل‌ها (آنروژل‌های تهیه شده از ضایعات گیاهی) و آنروژل‌های کربنی از این دسته‌اند.

به این دلیل که آنروژل‌ها بسیار سبک می‌باشند، می‌توان آنها را در حجم زیاد به راحتی حمل کرد. همچنین آنروژل‌ها روی سطح آب شناور می‌مانند و در مدت چند ثانیه مقادیر زیادی از مواد روغنی و نفتی را به خود جذب می‌کنند (شکل ۵)، همچنین برخی از مواد روغنی و نفتی ممکن است در بستر ته‌نشین

شوند که آئروژل‌های کربنی قدرت جذبشان را در زیر آب به راحتی حفظ می‌کنند (شکل ۶).

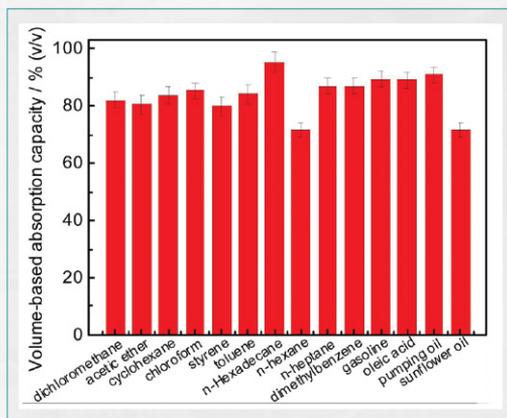


شکل ۵. توانایی جذب گاز و تبیل توسط آئروژل کربنی از سطح آب در کمتر از ۲۰ ثانیه



شکل ۶. آئروژل‌های کربنی به آسانی آلاینده را در زیر آب جذب می‌کنند

بسته به نوع ساختار تشکیل دهنده، اندازه منافذ، و نوع عامل دار شده آئروژل کربنی، شدت جذب برای مواد روغنی و نفتی متفاوت خواهد بود. بنابراین این می‌توان بسته به نوع آلاینده، نوع آئروژل کربنی را انتخاب کرد (شکل ۷).



شکل ۷. درصد ظرفیت جذب حجمی برای مواد آلی و روغنی متفاوت توسط آئروژل کربنی

برای بازیابی مجدد آتروژل کربنی معمولاً از دوروش به صورت گسترده استفاده می‌شود.

۱ شعله‌ورسازی

۲ تقطیر

اگر روغن و یا آلاینده جذب‌شده توسط آتروژل کربنی ارزش ناچیزی داشته باشد، می‌توان آتروژل را آتش زد تا همه مواد نفتی که به خود جذب کرده را بسوزاند بدون آنکه کمترین آسیبی به خود آتروژل وارد شود. سپس می‌توان آن آتروژل را با همان ظرفیت جذب، مجدداً استفاده کرد (شکل ۸).

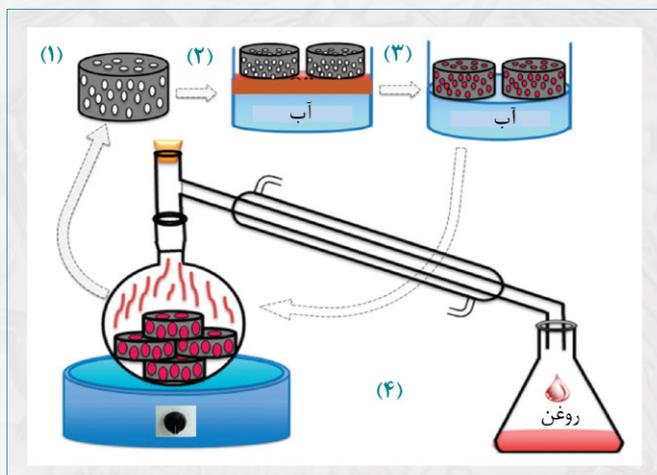


شکل ۸. چپ: آتروژل در حال سوختن، راست: آتروژل بازیابی شده پس از استخراج مواد نفتی جذب‌شده

اما اگر مواد روغنی و یا نفتی ارزش استفاده داشته باشند می‌توان به راحتی از طریق تقطیر، آنها را از آتروژل خارج کرد و آتروژل کربنی را برای جذب آلاینده‌ها مورد استفاده مجدد قرار داد بدون آنکه تغییری در ابعاد و ظرفیت آتروژل به وجود آید (شکل ۹).



شکل ۹. استخراج مواد روغنی از آتروژل کربنی جهت بازیابی آتروژل‌ها



شرکت‌ها و محصولات تجاری خارجی مرتبط با جاذب‌های نفتی و روغنی برپایه آتروژل

بر اساس نگرانی‌های زیست‌محیطی در خصوص آلودگی‌های نفتی و فاضلاب‌های روغنی و همچنین استقبال روزافزون از دستاوردهای فناوری نانو، محصولات فنی متعددی در سطح دنیا برای جذب آلاینده‌های نفتی برپایه نانومواد ارایه شده‌اند.

به طور کلی به دلیل خصوصیات منحصر به فرد و کاربردهای گسترده و روزافزون آتروژل‌ها، تخمین زده می‌شود که بازار جهانی این مواد از مقدار ۲۲۱/۸ میلیون دلار در سال ۲۰۱۳ به مقدار ۱۸۹۶/۶ میلیون دلار در سال ۲۰۲۰ ارتقا پیدا کند. رشد اقتصادی سالانه این محصول ۳۶/۴٪ تخمین زده می‌شود. بیش از دوسوم بازار جهانی آتروژل به احتمال زیاد در سال ۲۰۲۰ در آمریکای شمالی و اروپا متمرکز خواهد بود. حدود ۸۵٪ از مشوق‌های مالی در سراسر دنیا در زمینه آتروژل‌ها، در این دو منطقه به تولیدات مربوطه تعلق گرفته است.

شاخص‌ترین محصولات نانو برپایه آتروژل‌ها در حذف آلاینده‌های نفتی و تصفیه پساب‌های صنعتی در ادامه آورده شده‌اند:

■ شاید یکی از اولین محصولات نانو ساختار برپایه آتروژل جاذبی باشد که توسط شرکت آمریکایی Thermablok در همکاری با سازمان فضایی آمریکا (ناسا) ارایه شده است. این محصول می‌تواند تنها ۱۴ تا ۲۰ برابر وزن اولیه خود نفت را جذب کند.

■ جاذب با نام تجاری GIGASORB یک محصول روسی است که بیشتر برپایه کربن فعال عمل می‌کند. این محصول نوع پیشرفته جاذب پیشین خود تحت نام تجاری MEGASORB است.



■ محصول با نام تجاری RECAM (مواد کربنی واکنش پذیر) توسط شرکت Ing. Aglietto معرفی شده که برای جذب لکه‌های نفتی کوچک و متوسط پیشنهاد شده است. این جاذب سازگار با محیط زیست و غیر سمی است. همچنین جزو مواد فرومغناطیس محسوب شده و می‌تواند با کمک میدان مغناطیسی جمع‌آوری شود. RECAM می‌تواند تا ۹۰ برابر وزن خود نفت را جذب نماید.

■ محصولی با کارایی بالاتر با نام NAIMOR (ماده ابتکاری نانو ساختار برای بازیابی نفت) توسط شرکت Indiegogo, Inc به عنوان محصول ارتقا یافته در مقایسه با RECAM معرفی شده است. این محصول که توانایی پاکسازی لکه‌های بزرگ نفتی را دارا می‌باشد، می‌تواند تا ۱۵۰ برابر وزن اولیه

خود نفت را جذب نماید. به دلیل خاصیت آبرگریزی بسیار بالای این محصول، گونه‌های نفتی جذب شده فاقد آب می‌باشند. محصول ارائه شده در اشکال مختلفی می‌تواند بنابر مورد استفاده ساخته شود.



■ بسیاری از شرکت‌های صنعتی بزرگ دنیا در زمینه آنروژل‌های سیلیکاتی نیز به تولید یا نهایتاً تحقیق در زمینه آنروژل‌های کربنی پرداخته‌اند. اسامی برخی از این شرکت‌ها در زیر آمده است:

Buyaerogel / TAASI / JIOS Aerogel / Cabot Corporation / Acoustiblok UK Ltd. / Active Space Technologies / Airglass AB / American Aerogel / Corporation / Aspen Aerogels Inc. / BASF SE / Dow Corning Corp. / Svenska Aerogel AB

فعالیت‌های مشابه در ایران

در ایران شرکت «واکنش صنعت پارت» مستقر در شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان به تولید و فروش مقیاس بالای محصولات آنروژلی پایه سیلیکاتی پرداخته است. تولید صنعتی آنروژل‌های کربنی در داخل کشور هنوز در مراحل تحقیقاتی-آزمایشگاهی قرار دارد.



پی نوشت ها

1 Detergente

2 Nanodispersans

3 Superhydrophobicity

4 Scanning electron microscope

مراجع

1 Carbon nanofiber aerogels for emergent cleanup of oil spillage and chemical leakage under harsh conditions, Z. Yu Wu, C. Li, H.W. Liang, Y. Zhang, X. Wang, J Chen SH Yu, nature-Scientificreports p:4079 V: 4 (2014)

2 A Versatile, Ultralight, Nitrogen-Doped Graphene Framework, Y. Zhao, C. Hu, Y. Hu, H. Cheng, G. Shi, and L.Qu, Angew. Chem. Int. Ed. P: 11371 V: 51 (2012)

3 Multifunctional, Ultra-Flyweight, Synergistically Assembled Carbon Aerogels, H. Sun , Z. Xu , C. Gao, Adv. Mater. P: 2554 V: 25 (2013)

4 Spongy Graphene as a Highly Efficient and Recyclable Sorbent for Oils and Organic Solvents, H.Bi, X. Xie , K. Yin , Y. Zhou , S. Wan , L. He , F. Xu , F. Banhart , L. Sun , R. S. Ruoff, Adv. Funct. Mater. P: 4421 V: 22 (2012)

5 Ultralight, Flexible, and Fire-Resistant Carbon Nanofiber Aerogels from Bacterial Cellulose, Z.Wu, C.Li, H.W. Liang, J.F. Chen, S.H. Yu, Angew. Chem. Int. Ed. P: 2925 V: 52 (2013)

6 Carbon Aerogel from Winter Melon for Highly Efficient and Recyclable Oils and Organic Solvents Absorption, Y.Q.Li, Y.

Abdul Samad, K. Polychronopoulou, S. M. Alhassan, K.Liao, ACS Sustainable Chem. Eng. P: 1492 V: 2 (2014)

7 Low density hydrophobic material and method of making the same, M. D. Gawryla, D. A. Schiraldi, US patent NO: 8822558 B2 (2014)

8 Method of oil spill recovery using hydrophobic sol-gels and aerogels, P. Coronado, L. Hrubesh, J. Reynolds, US patent NO: 20020185444 A1 (2002)

9 Low density hydrophobic material and method of making the same, M. D. Gawryla, D. A. Schiraldi , WO patent NO: 2010144802 A1 (2010)

10 www.nano.ir

11 www.edu.nano.ir

12 corridor.nano.ir

13 vaspart.com

14 www.ecosorber.ru

15 www.buyaerogel.com

16 www.taasi.com

17 www.dowcorning.com

18 www.cabot-corp.com

19 www.thermablok.com

20 www.alliedmarketresearch.com

از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو منتشر شده است



- نماهای کامپوزیتی نانوویی
- کاربرد پوشش‌های نانو در لوله‌های آب گرم
- ظروف آشپزخانه با پوشش نانوویی
- تکمیل ضدآتش و دیرسوزی منسوجات
- نانوذرات لیپیدی، سامانه‌ای جدید برای داروسازی
- نانومیسل‌ها و نقش آنها در رهایش دارو
- نانو بلورهای دارویی فرمولاسیون جدید داروهای کم‌محلول
- نقش فناوری نانو در توسعه پیچ‌های پوستی
- کاربردهای فناوری نانو در سیمان حفاری
- کاربردهای فناوری نانو در گل حفاری
- کاربرد فناوری نانو در صنعت نساجی

مجموعه نرم‌افزارهای «نانو و صنعت»

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

مرکز پخش: ۸۸۰۲۳۹۶۴ - www.nanosun.ir



ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

تلفن: ۰۲۱-۶۳۱۰۰
نمبر: ۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
پایگاه اینترنتی: www.nano.ir
پست الکترونیک: report@nano.ir
سندوق پستی: ۱۴۵۶۵-۳۴۴

طراحی و اجرا: توسعه فناوری مهرویژن
نظارت: داود قرایلو
تهیه‌کنندگان: احسان فریدی
محسن سروری