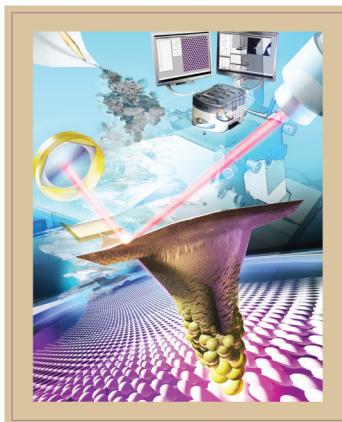


استفاده از غشاء نanolوله کربنی جهت نمک‌زدایی و تصفیه آب

سال انتشار: ۱۳۹۴

ویرایش نخست





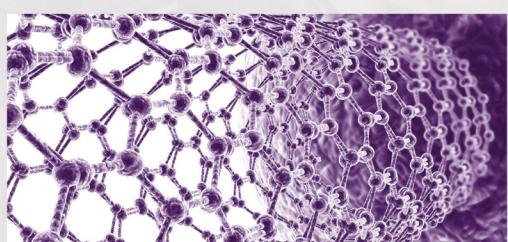
فناوری نانو نویدبخش گستره جدیدی از دانش بشری است که نهایتاً منجر به جایگزینی یا بهبود بسیاری از فناوری‌های معمول خواهد شد. نانوساختارها پایه اصلی فناوری نانو هستند. این ساختارها کمی از مولکول‌های عادی بزرگتر اما از سایر اجزای ساختاری جهان پی‌امون ماسیار کوچک‌تر هستند. نانوساختارها به دلیل اندازه بسیار کوچک و مهندسی بسیار ظریف (ظرافت مولکولی)، خصوصیات منحصر به فردی از خود نشان می‌دهند. زمانی که تجهیزات ساخته شده برپایه فناوری نانو جایگزین تجهیزات معمول می‌شوند، سازوکارها تغییر باقته و گاه چندین عملکرد کاملاً جدید در خصوص محصول مورد انتظار است.

نانولوله کربنی

ساختارهای کربنی از جمله مهم‌ترین نانوساختارها هستند. ساختارهای ویژه‌ای از جمله گرافن^۱ و نانولوله کربنی^۲ امروزه توجه بسیار زیادی را در سطوح تحقیقاتی و متعاقباً صنعتی به خود جلب نموده است. خصوصیات منحصر به فرد این دو گونه از نانوساختارهای کربن نویدبخش گستره بسیار زیادی از کاربردها است. نانولوله‌های کربن همانطور که از نامشان پیدا است، ساختاری لوله‌مانند هستند که از شبکه‌های شش وجهی لانه زنبوری کربن ساخته شده‌اند. قطر این لوله‌ها در حد چند نانومتر و طول آن‌ها گاه چند میکرومتر است (شکل ۱). نانولوله‌های کربنی پایداری شیمیابی خوبی دارند (کمتر با محیط واکنش داده یا خوردده می‌شوند) و دارای استحکام کششی منحصر به فرد هستند. نانولوله‌های کربنی به دلیل ساختار ویژه خود مساحت سطح ویژه بسیار بالایی دارند، بصورتی که هر گرم از این ماده می‌تواند تا ۱۵۰۰ مترمربع سطح داشته باشد. نانولوله‌های کربنی از آلومینیوم سبک‌تر هستند و پایداری حرارتی بسیار بالا (تا دماهای بالای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد) را فراهم می‌آورند. همچنین بر مبنای قطر داخلی بسیار کوچک، این لوله‌ها می‌توانند در ساختار غشاء یا فیلترها برای غربال‌گری ذرات بسیار ریز و خاص مورد استفاده قرار گیرند. از این رو نانولوله‌های کربنی در بسیاری از عرصه‌های صنعتی نظیر تصفیه آب و فاضلاب جایگاه خود را پیدا کرده‌اند.

شکل ۱. ساختار

- یک نانولوله کربنی، قطر
- لوله تنها چند نانومتر (میلیاردیم متر) است
- و دیواره از اتم‌های کربن تشکیل شده است که در ساختاری شش وجهی (لانه زنبوری) در کنار هم قرار گرفته‌اند.



نمک‌زدایی و تصفیه آب توسط فرآیندهای غشایی

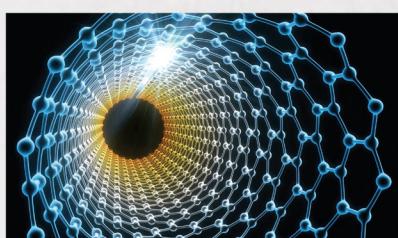


امروزه استفاده مجدد از آب‌های مصرفی و احیا آن به عنوان یک راهکار برای تهیه منابع آب جایگزین از آب غیرقابل شرب، ضروری بنظر می‌رسد. بنابراین، مطالعات و تحقیقات بسیاری برای توسعه فناوری‌های مختلف در زمینه تصفیه و استفاده مجدد از آب^۱، احیا و نمک‌زدایی^۲ (آب‌شیرین کن‌ها) صورت پذیرفته است. ارائه محصولات

جدید با فناوری بالا در این زمینه موجب تولید آب قابل اطمینان‌تر و با کیفیت بالاتری شده است. علاوه بر این، چندین طرح عملی برای استفاده مجدد از پساب ثانویه فاضلاب در سراسر جهان وجود دارد. در میان آنها فیلتراسیون توسط غشا به عنوان یک فرآیند پایه‌ای، یکی از فناوری‌های موثر برای استفاده مجدد از فاضلاب می‌باشد. به علت کارایی بالای فیلتراسیون توسط غشاء به خصوص در حذف میکرو‌آلاینده‌های آلی و معدنی، بهره‌گیری از این تجهیزات در زمینه تصفیه فاضلاب و پساب‌های آلی مورد استقبال قرار گرفته است. این نکته قابل ذکر است که آب تولیدی با فناوری غشا دارای کیفیت بالا است، اما این آب هنوز در موارد غیرشرب از جمله کشاورزی، صنعتی و تفریحی یا مصارف غیرمستقیم آب آشاییدنی استفاده می‌شود. بنابراین، صحبت سلامت و ایمنی آب احیا شده باید از طریق ایجاد پایگاه داده‌های کیفیت و بهینه‌سازی سیستم برای استفاده غیرمستقیم و خصوصاً مستقیم آشامیدنی تضمین شود.

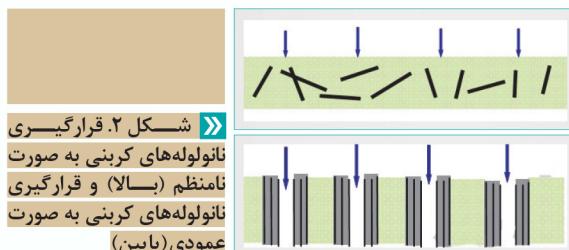
عملکرد غشاء‌های نانولوله کربنی

نانولوله‌های کربنی به دلیل قطر داخلی بسیار کوچکی که دارند (به خصوص در گستره‌ای بین ۱ تا ۱۰ نانومتر)،



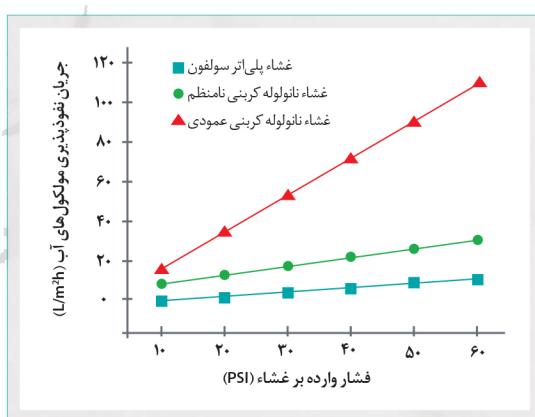
برای جداسازی بر مبنای اندازه ذرات می‌توانند بسیار مفید واقع شوند. به طوری که مولکول‌های آب به دلیل اندازه کوچکشان به راحتی می‌توانند از داخل نانولوله‌های کربنی عبور کنند ولی مانع از عبور بیشتر مواد محلول در آب شوند. یک مزیت عمده در خصوص غشاء‌های نانولوله‌های کربنی این است که استحکامی مشابه با غشاء‌های سرامیکی را دارند و در عین حال انعطاف‌پذیری

غشاءهای پلیمری رانیز دارا هستند. از سوی دیگر نانولولههای کربنی دارای خواص آنتی باکتریال^۶ می‌باشند. نانولولههای کربنی می‌توانند در یک بستر پلیمری به صورت تصادفی و نامنظم و یا به صورت عمودی و منظم قرار گیرند (شکل ۲).



وجود نانولولههای کربنی در غشاء پلیمری باعث می‌شود که عبور مولکولهای آب ساده‌تر شود. به خصوص استفاده از غشاء نانولوله کربنی عمودی^۷ باعث افزایش قابل ملاحظه‌ای در عبور سریع و آسان آب از درون غشاء شده بدون آنکه در گریش پذیری^۸ غشاء اختلالی ایجاد نماید. غشاءهای نانولوله کربنی در صورتی که در سیستم‌های نمک‌زدایی و اسمز معکوس^۹ به کار روند، می‌توانند هزینه‌های تصوفی آب را کاهش داده و طراحی سیستم‌های کم فشارتری را ممکن سازند. این سامانه‌ها، انرژی بسیار کمتری را مصرف می‌کنند و همچنین در عمل بازده کار بسیار افزایش می‌یابد (شکل ۳).

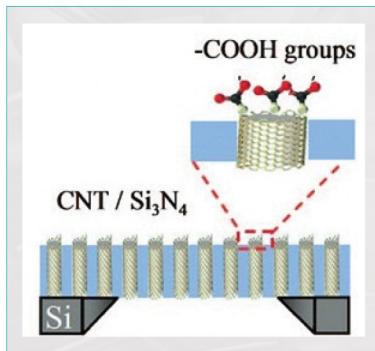
شکل ۳. این نمودار نشان می‌دهد که غشاء نانولوله کربنی عمودی در یک فشار معین نسبت به غشاء نانولوله کربنی نامنظم و غشاء پلی اتر سولفون بیشتری از آب را خود عبور می‌دهد.



به عنوان یک مزیت بسیار عمده، خواص شیمیایی و عملکردی نانولولههای کربنی در نقش نانوکانال^{۱۰} عبوردهنده آب می‌تواند مهندسی شده یا اصطلاحاً اصلاح شود. برای مثال می‌توان ابتدای (سر) نانولولههای کربنی را توسط گروههای مختلف از مولکولهای عامل دار^{۱۱} کرد (شکل ۴). این کار باعث می‌شود تا احتمال عبور یون‌های بسیار

کوچک از نانولوله‌های کربنی بسیار کم شود و کارایی غشاء در کل افزایش می‌یابد. همچنین می‌توان نانوکاتالالها (نانولوله کربنی) را به صورتی عامل دار کرد، که عبور برخی مولکول‌ها را به صورت انتخابی (گرینشی^{۱۵}) تسهیل یا بطور کامل متوقف کرد. در مواردی نیز این امکان وجود دارد که غشاء نانولوله کربنی به یک سیستم خودتمیزشونده^{۱۶} تبدیل شود و مانع از گرفتگی غشاء شده و طول عمر مفید غشاء را تا چند برابر افزایش دهد.

» **شکل ۴**
 عامل دار کردن
 سرنانولوله‌های
 کربنی توسط
 COOH گروه
 (گروه اسیدی)
 کربوکسیلیک(در)
 یک غشاء نانولوله
 کربنی منظم
 عمودی



تولید نانولوله کربنی در ایران

تولید غشاء نانولوله کربنی منظم و عمودی نیازمند فناوری ساخت بالا است. هر چند برای تولید چنین غشاهايی روش‌های عملیاتی متفاوت ارائه شده است. یکی از متدائل‌ترین این روش‌ها، رشد نانولوله‌های کربنی بر روی پستر می‌باشد.

هر چند شواهدی مبنی بر تولید آبیه داخلی و فراتحقیقاتی غشاهاي نانولوله کربنی با کارآیی بالا تا کنون در این زمینه یافت نشد، شرکت‌هایی به تولید و پخش نانولوله‌های کربنی در داخل کشور مبادرت نموده‌اند. امید می‌رود که با اعلام نیاز مختصین و اهتمام شرکت‌های داخلی، تولید این مهم نیز در کشور تحقق یابد. از جمله تولید کنندگان آبیه نانولوله کربنی در کشور می‌توان به پژوهشگاه صنعت نفت اشاره نمود.

فعالیت‌های مشابه خارجی در زمینه تولید غشاء‌های نانولوله کربنی

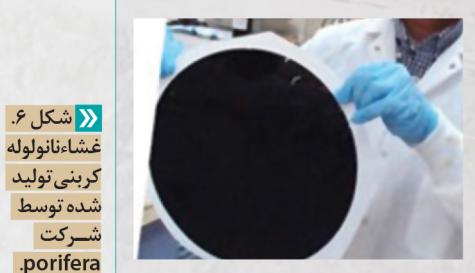
با توجه به خصوصیات منحصر بفرد و کاربردهای گسترده و روز افزون غشاء‌های ترکیب شده با نانولوله‌های کربنی، تخمین زده می‌شود که بازار جهانی این مواد به مقدار قابل توجهی از سال ۲۰۱۳ تا سال ۲۰۲۰ ارتقا پیدا کند. حجم بازار جهانی غشاء‌های نمک‌زدایی به تنهایی در سال ۲۰۰۹ میلادی ۲/۵ بیلیون دلار رقم زده شده و انتظار می‌رود که

تا ۱۰ بیلیون دلار تا سال ۲۰۱۸ رشد نماید. علی‌رغم هزینه بالای نمک‌زدایی از آب، امروزه این صنعت با سرعت رشد سالانه ۱۵ تا ۲۰ درصد به پیش می‌رود. انتظار می‌رود با توجه به بحران آب شیرین در جهان، بازار غشاء و محصولات مربوطه در سال ۲۰۱۸ به حجمی معادل ۳۰ بیلیون دلار برسد. بدلیل برتری در زمینه هزینه‌ها (تا ۷۵٪ هزینه کمتر) نسبت به سامانه‌های اسمز معمکوس و توانایی ساخت تجهیزات کوچکتر با کارآبی بیشتر، استفاده از غشاء‌های پیشرفته نانوساختار می‌تواند بازار نمک‌زدایی از آب در جهان را تا حد زیادی تسخیر نموده و حتی ارتقاء بخشد.

صنایع تولید غشاء و فیلتر، در زمینه تحقیقات مربوط به غشاء نانولوله‌های کربنی سرمایه‌گذاری‌های زیادی کرده‌اند. یکی از شرکت‌های پیشرو که توانسته است محصولات خود را وارد بازار کند شرکت SELDON TECHNOLOGIES می‌باشد که توانسته است فیلترهای قابل حمل تصفیه آب بر مبنای غشاء نانولوله کربنی تولید کند و به صنایع نظامی و فضایی مثل NASA عرضه کند (شکل ۵).



شکل ۵. فیلتر بر مبنای نانولوله کربنی جهت مصارف ناسا (شکل الف)، فیلتر قابل حمل برای استفاده عمومی جهت تصفیه آب (شکل ب)، فیلتر قابل حمل برای استفاده نظامی در جهت تصفیه آب دریاچه و رودخانه به آب قابل شرب (شکل ج)



» شکل ۶.
غشاء نانولوله
کربنی تولید
شده توسط
شرکت
.porifera

از دیگر از شرکت‌های پیشرو، می‌توان به شرکت‌های Nanoamor، Porifera و NanOasis اشاره کرد. شرکت Porifera موقیت چشم‌گیری در عرضه و فروش غشاء‌های نانولوله کربنی به بازار داشته است (شکل ۶). همچنین شرکت NanOasis غشاء‌های نانولوله کربنی جهت استفاده در اسمز معکوس را وارد بازار کرده است.

جمع‌بندی

تقاضای روزافزون برای آب شیرین به گسترش سامانه‌های نمک‌زدایی برپایه فیلتر اسیون منجر شده است. استفاده از غشاء‌های نانوفیلتر اسیون در مقایسه با اسمز معکوس به صرف انرژی و هزینه کمتر منتهی می‌شود. در این میان غشاء‌های نانولوله کربنی با فناوری خاص خود از اهمیت بسزا و کارآبی زیادی برخوردارند. شرکت‌های بزرگی در دنیا بر تولید و تجاری‌سازی غشاء‌های نانولوله کربنی متمن کرده‌اند.

مراجع

- 1** A review of water treatment membrane nanotechnologies, M. Theresa, M. Pendergast, E. M.V. Hoek, Energy Environ. Sci. P:1946 V: 4 (2011)
- 2** Water Desalination Using Carbon-Nanotube-Enhanced Membrane Distillation, K. Gethard, O. Sae-Khow, S. Mitra, ACS Appl. Mater. Interfaces, P: 110 V: 3 (2011)
- 3** Carbon nanotube membranes for water purification: A bright future in water desalination, R.Das, Md. Eaqub Alia, S. AbdHamid, S. Ramakrishna, Z. Chowdhury, Desalination, P: 97 V: 336 (2014)
- 4** Compression-Modulated Tunable-Pore Carbon-Nanotube Membrane Filters, X. Li, G. Zhu, J. S. Dordick, P. M. Ajayan, small, P: 595 V: 3 (2007)
- 5** Carbon nanotube membranes for desalination and water purification: Challenges and opportunities, S. Kar, R.C. Bindal, P.K. Tewari, Nano Today, P: 385 V: 7 (2012)
- 6** Fast reverse osmosis using boron nitride and carbon nanotubes, M. E. Suk, A. V. Raghunathan, N. R. Aluru, Applied Physics Letters, P: 133120 V: 92 (2008)
- 7** Carbon nanotube membranes with ultrahigh specific adsorption capacity for water desalination and purification, H.Yang , Z. J.Han, S. Fung Yu, K. Leong Pey, K. Ostrikov, R. Karnik, Nature Communication , P: 2220 V: 4 (2013)
- 8** http://www.nano.ir/index.php?ctrl=paper&actn=paper_view&id=1406&lang=1
- 9** http://www.nano.ir/index.php?ctrl=paper&actn=paper_view&id=3314&lang=1
- 10** http://www.nano.ir/index.php?ctrl=paper&actn=paper_view&id=3289&lang=1
- 11** http://www.edu.nano.ir/index.php?actn=papers_view&id=221
- 12** http://porifera.com/carbon-nanotube-ultrafiltration-membranes/
- 13** http://seldontech.com/applications/
- 14** http://www.nanoamor.com/products
- 15** http://www.dvidshub.net/news/74194/us-australian-forces-test-prototype-water-machine-during-talisman-sabre-2011#.VF0BITSUDls
- 16** http://www.dvidshub.net/image/432156/us-australian-forces-test-prototype-water-machine-during-talisman-sabre#.VF0BKDSUDls
- 17** http://spinoff.nasa.gov/Spinoff2008/er_4.html
- 18** http://www.nanoasisinc.fogcitydesign.com/news.html

پی‌نوشت‌ها

- 1** Mechanism
2 Graphene
3 Carbon nanotube
4 Treatment
5 Desalination
6 Antibacterial
- 7** Vertically aligned
8 Selectivity
9 Reverse osmosis (RO)
10 VA-CNT/PSF
11 R-CNT/PSF
12 PSF
- 13** Nanochannel
14 Functionalization
15 Selective
16 Self-cleaning

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»، «ساخت و ساز»، «بهداشت و سلامت» و «کشاورزی»)، ارائه شده است.

مرکز پخش: ۰۶۶۸۷۱۲۵۹ - www.nanosun.ir



از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو منتشر شده است



- کاربرد فناوری نانو در عایق‌های حرارتی
- کاربرد فناوری نانو در عایق‌های صوتی
- افزایش تولید و کیفیت محصولات کشاورزی با استفاده از نانوکودهای بیولوژیک
- کاربرد فناوری نانو در صنعت چوب
- کاربرد فناوری نانو در تصفیه آب
- کاربرد فناوری نانو در تصفیه هوا
- کاربرد فناوری نانو در بتنهای سبک
- کاربرد فناوری نانو در بتن
- نانولیزیومها و نقش آنها در راهیش دارو
- کاربرد فناوری نانو در محیط‌های بیمارستانی
- کاربرد فناوری نانو در حسگرهای ساختمانی
- کاربردهای فناوری نانو در عایق‌های رطوبت
- کاربرد فناوری نانو در لوله‌های بی‌صدای فاضلاب
- حذف آلاینده‌های آب با استفاده از نانوذرات آهن صفر ظرفیتی
- کاربرد فناوری نانو در صنعت ساختمان

- نماهای کامپوزیتی نانویی
- کاربرد پوشش‌های نانو در لوله‌های آب گرم
- ظرف آشیزخانه با پوشش نانویی
- تکمیل ضدآتش و دیرسوزی منسوجات
- نانوذرات لیپیدی، سامانه‌ای جدید برای دارورسانی
- نانومیسل‌ها و نقش آنها در رهایش دارو
- نانوبلورهای دارویی فرمولاسیون جدید داروهای کم محلول
- نقش فناوری نانو در توسعه پچ‌های پوستی
- کاربردهای فناوری نانو در سیمان خواری
- کاربردهای فناوری نانو در گل حفاری
- کاربردهای فناوری نانو در صنعت نساجی
- بهره‌گیری از جاذبهای نانو برای آنروزلهای در حذف آلاینده‌های نفتی و تصفیه پساب‌های صنعتی
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های آنتی استاتیک
- داروهای متصل شده به پادتن
- تصفیه آب با استفاده از غشاء پلیمری نانوفیلتراسیون
- نانوحسگرها جهت آزمایش‌های بیوشیمیایی متداول خون (تعیین میزان قند، چربی و...)
- نانوکامپوزیت‌های زیست‌تخریب‌پذیر برای بسته‌بندی مواد غذایی
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های خود تمیزشونده
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های ضدخشش
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های آنتی‌باتریال

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

تلفن: ۰۲۱-۶۳۱۰۰
نمبر: ۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
پایگاه اینترنتی: www.nano.ir
صندوق پستی: ۱۴۵۶۵-۳۴۴

طراحی و اجرا: توسعه فناوری مهر ویژن
نظرات: داود قرایلو
report@nano.ir
تپهه‌کننده: احسان فربیدی، محسن سروری
water@nano.ir

سازمان