

تصفیه آب با استفاده از غشاهای نانوالیاف

سال انتشار: ۱۳۹۴

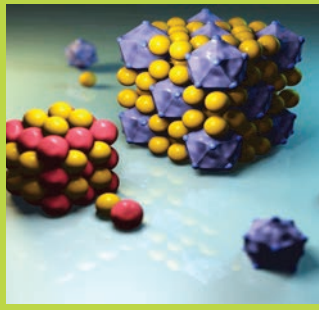
ویرایش نخست



ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

۰۲۱-۶۳۱۰۰	تلفن:	توسعه فناوری مهر و بیژن	طراحی و اجرا:
۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰	نمابر:	داود قرایلو	نظارت:
www.nano.ir	پایگاه اینترنتی:	report@nano.ir	
۱۴۵۶۵-۳۴۴	صندوق پستی:	کارگزار ترویج صنعتی فناوری نانو در صنعت آب، حسگر و محیط زیست water@nano.ir	تهیه کننده:

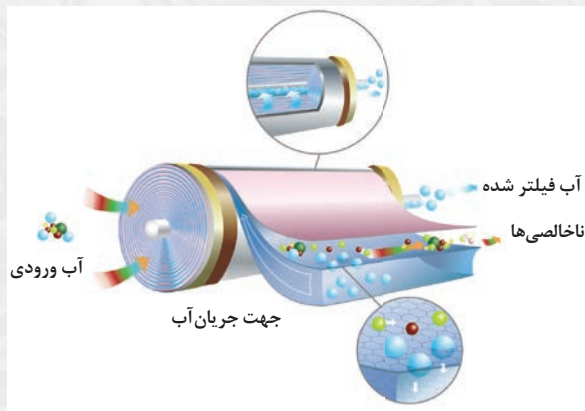
- ۳ فناوری نانو
- ۳ غشاء و فرآیندهای غشایی
- ۴ غشاء نانوالیاف
- ۴ روش‌های تولید غشاء نانوالیاف
- ۵ تولید غشاء نانوالیاف به روش الکتروریسی
- ۷ طرح پابلوت حذف آلودگی‌های میکروبی به وسیله غشای نانوالیاف
- ۸ تخمین هزینه‌ها
- ۸ بازار غشاهای نانوالیاف
- ۹ شرکت‌های فعال خارجی در حوزه غشاءهای نانوالیاف جهت تصفیه آب
- ۱۱ شرکت‌های داخلی فعال در زمینه تولید غشاهای نانوالیاف
- ۱۳ جمع‌بندی



فناوری نانو که به عنوان مهندسی و هنر دستکاری مواد در مقیاس نانو (۱۰۰-۱ نانومتر) شناخته می‌شود که پتانسیل نانو مواد^۱ را در بخش‌های مختلف علمی، صنعتی، محیط زیست و غیره به نمایش می‌گذارد. یکی از اصلی‌ترین مزایای فناوری نانو، بر این حقیقت استوار است که این فناوری می‌تواند ساختار اساسی مواد را در ابعاد نانو و برای دستیابی به یک سری خواص ویژه، کنترل و بهینه‌سازی نماید. یکی از جنبه‌های کاربردی فناوری نانو، استفاده از آن در فرایندهای خالص‌سازی^۱ است که مهم‌ترین دسته از این فرایندها، فرایند تصفیه آب و فاضلاب است.

غشاء و فرآیندهای غشایی

غشاء به عنوان یک مانع گزینش‌پذیر (شکل ۱) شناخته می‌شود که محدوده وسیعی از فرآیندهای جداسازی از جمله فرایندهای مایع/مایع، گاز/مایع، گاز/گاز، جامد و مایع/جامد را پوشش می‌دهد. در دهه‌های اخیر، فناوری‌های غشایی به یکی از مهم‌ترین فناوری‌ها در زمینه جداسازی تبدیل شده‌اند. مشخصه اصلی فناوری غشایی این است که فرایندهای غشایی نیاز به افزودن مواد شیمیایی نداشته و مصرف انرژی آنها بسیار ناچیز است. این موضوع باعث افزایش روزافزون استفاده از غشاها در زمینه تصفیه آب و فاضلاب شده است، به نحوی که امروزه فرآیندهای غشایی قادر به رقابت با روش‌های سنتی تصفیه آب شده‌اند. یکی از پرکاربردترین انواع غشاها، غشاها نانو الیاف هستند که امروزه توجه بسیار زیادی را به خود منعطف کرده‌اند.



» شکل ۱. یکی

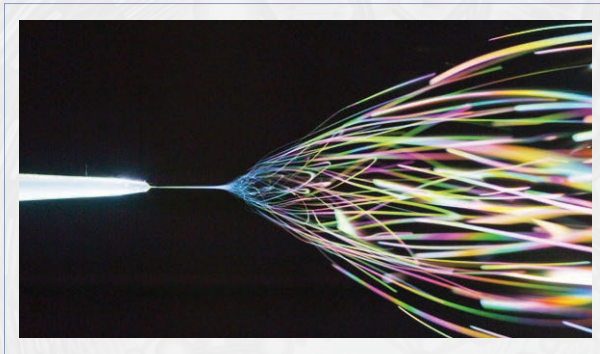
از اصلی‌ترین

مشخصه‌های غشاها

عملکرد گزینشی آنها

است [۱]

الیاف بسیار نازک از محلول پلیمری شناخته می‌شود. مطالعات بر روی روش الکتروریسی و نانوالیاف ایجاد شده توسط این روش، به طور عمده در راستای فرایند غشایی و تولید غشاهای نانوالیاف برای تصفیه آب صورت می‌پذیرد.



» شکل ۳. روش الکتروریسی برای تولید نانوالیاف و غشاء نانوالیاف [۳]

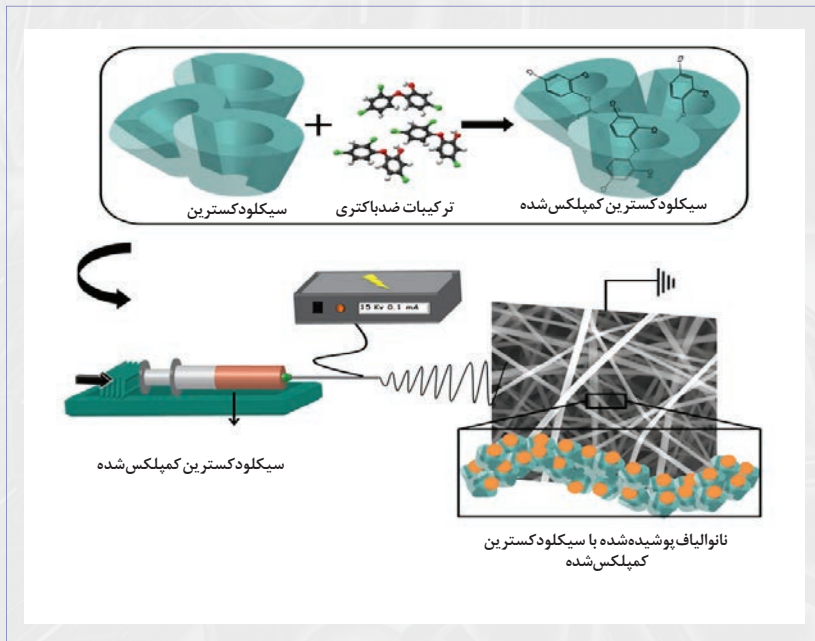
تولید غشاء نانوالیاف به روش الکتروریسی

الکتروریسی روشی با نیروی محرکه الکترواستاتیکی برای تولید نانوالیاف است. نانوالیاف از محلول مایع یا مذاب پلیمری که از لوله موئین به منطقه با میدان الکتریکی بالا تغذیه می‌شود، تشکیل می‌شوند (شکل ۴). زمانی که نیروهای الکترواستاتیکی بر تنش سطحی مایع غلبه می‌کنند، یک مخروط تشکیل می‌شود و یک جت باریک به سرعت به سمت هدف (جمع‌کننده) متصل به زمین و یا با بار مخالف شتاب می‌گیرد. ناپایداری در این جت موجب حرکت‌های ضربه‌ای شدید می‌شود که به تبع آن جت طویل و باریک شده و اجازه می‌دهد،



» شکل ۴. شمای کلی از یک دستگاه الکتروریسی استاندارد [۴]

حلال تبخیر شود و یا مذاب سرد شود و نانوالیاف روی سطح هدف تشکیل شوند. بار الکتریکی جت، موجب خم شدن الیاف می‌شود، به طوری که با هر بار حلقه شدن، قطرش کاسته می‌شود. اندازه و ریز ساختار نانوالیاف با متغیرهای عملیاتی متفاوتی مانند ویسکوزیته محلول، ولتاژ، نرخ تغذیه، هدایت محلول، فاصله هدف و لوله موئین و اندازه لوله کنترل می‌شود. روش الکتروریسی بسیار تطبیق پذیر بوده و محدوده غشاهای نانوالیاف با قطرهای مختلف با این روش تولید می‌شوند. برای بالا بردن کارایی غشاهای نانوالیاف در فرآیند خالص سازی و تصفیه آب، همچنین افزایش میزان گزینش پذیری سیستم و همچنین افزایش پایداری مکانیکی و تخلخل غشاهای نانوالیاف، می‌توان سطح غشاء را عامل دار^{۱۶} یا اصلاح^{۱۷} نمود. عامل دار کردن غشاهای نانو الیاف که معمولاً با استفاده از ترکیبات مختلفی همچون مولکول‌های آلی مختلف، نانوذرات، پلیمرها و مولکول‌هایی مثل سلولوز، کیتوزان^{۱۸} و سیکلودکسترین^{۱۹} و غیره انجام می‌شود، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. عمده ترین کاربرد غشاهای اصلاح شده حذف آلودگی‌های میکروبی، حذف یون‌های فلزات سنگین جیوه، کادمیوم، روی و سرب، حذف آلودگی یون‌های فلزی دیگری همچون Cu^{2+} ، افزایش میزان آبگریزی غشاء برای جداسازی مخلوط‌های آب روغن، افزایش بازده جذب سطحی غشاء، حذف برخی رنگ‌ها و غیره است. یک نمونه از فعالیت‌های انجام شده برای



شکل ۵. اصلاح سطح نانوالیاف به وسیله سیکلودکسترین کمپلکس شده با ترکیبات ضدباکتری | ۵

عامل دار کردن غشاهای نانوالیاف در شکل زیر نشان داده شده است که توسط یک گروه تحقیقاتی به نام UYAR Research Group صورت پذیرفته و نتایج آن در نشریه Langmuir به چاپ رسیده است [۵].

طرح پایلوت حذف آلودگی‌های میکروبی به وسیله غشای نانوالیاف

در یک طرح تحقیقاتی که در کشور جمهوری چک انجام شده و نتایج حاصل از آن در نشریه Nanocon به چاپ رسیده است [۶]، به بررسی میزان حذف آلودگی‌های میکروبی آب توسط غشای نانوالیاف در مقیاس پایلوت پرداخته شده است. در مطالعات انجام شده از غشای نانوالیاف الکترورسی شده پلی‌اورتان^{۲۰} با اندازه حفره ۲۴۰ تا ۴۰۰ نانومتر (یعنی برای میکروفیلتراسیون) استفاده شده و بازده فیلتراسیون بلند مدت ماژول مورد استفاده و همچنین پارامترهای مختلف سیستم در زمان حذف آلودگی از یک نمونه آب حقیقی مورد بررسی قرار گرفتند. سیستم پایلوت مورد استفاده در این مطالعات در شکل ۶ قابل مشاهده است.



شکل ۶. سیستم پایلوت مورد استفاده برای انجام اولترافیلتراسیون بوسیله غشاء نانوالیاف پلی‌اورتان [۶]

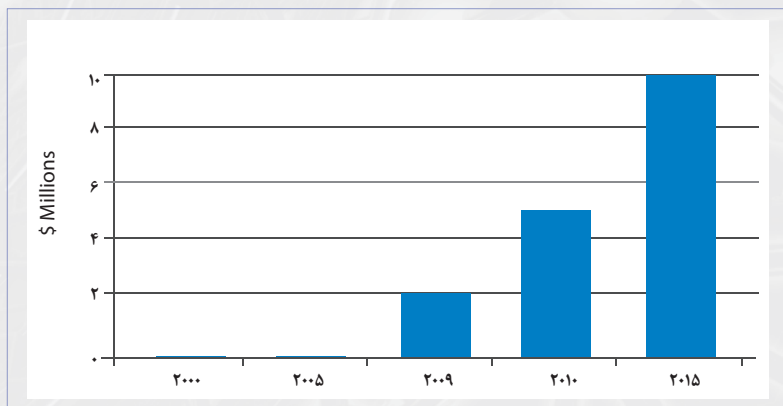
در این ماژول از ۱۵ ورقه غشاء نانوالیاف با مساحت کل $3/6$ متر مربع استفاده شده و فرآیند اولترافیلتراسیون در جریان‌های بزرگتر از ۵۰۰ لیتر بر مترمربع بر ساعت مورد مطالعه قرار گرفته است. طبق نتایج حاصل از بررسی این طرح پایلوت، غشاء نانوالیاف در بلند مدت پایدار بوده و می‌توان از آن به عنوان غشای اولترافیلتراسیون برای تصفیه نمونه‌های آب حقیقی استفاده کرد.

تخمین هزینه‌ها

غشاهای نانوالیاف در زمره ارزان‌ترین انواع غشاها شناخته می‌شود و هزینه مورد نیاز برای خرید این نوع غشاء در بازه ۰/۰۱۳ تا ۰/۰۲۷ سنت به ازای یک متر مربع متغیر است. یک غشاء نانوالیاف نوعی قادر است در طول یک سال ۹۶۰۰۰ متر مکعب آب را فیلتر یا تصفیه کرده و به ازای هر متر مکعب آب، ۰/۰۹ کیلووات ساعت انرژی مصرف می‌کند. این مقدار تقریباً نصف مقدار مصرف دیگر غشاهایی است که به صورت تجاری در دسترس هستند. با توجه به این مقدار مصرف و در مقایسه با دیگر انواع غشاها، برای یک سیستم با ۸ فیلتر، حدود ۱۸۰۰ دلار در سال صرف جویی به عمل خواهد آمد [۷].

بازار غشاهای نانوالیاف

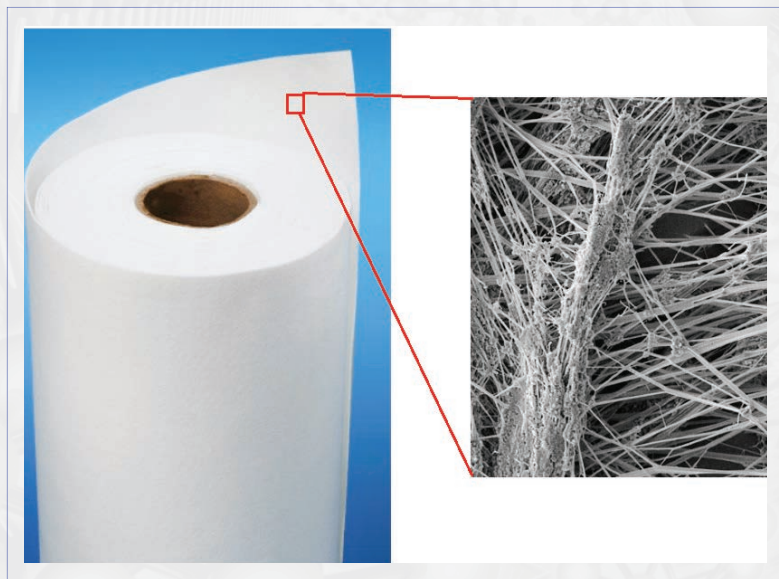
امروزه نانوالیاف به عنوان یکی از برجسته‌ترین زمینه‌های تحقیقاتی و همچنین تجاری در دنیا شناخته شده‌اند. بر اساس گزارش‌های ارائه شده [۸] فقط در سال ۲۰۱۲ در کشور آمریکا حدود ۱۸۳ میلیون دلار به بازار محصولات نانوالیاف اختصاص داشته است که نزدیک به ۳/۷ میلیون دلار از آن به غشاهای نانوالیاف مربوط بوده است. این موضوع مخصوصاً به دلیل افزایش تقاضای صنایع مختلف برای استفاده از سیستم‌های تصفیه آب (جایی که نیاز بسیار به تجهیزات با مصرف انرژی پایین یا فشار پایین است) می‌باشد. البته پیش‌بینی‌ها نشان از افزایش سریع و چشمگیر سهم غشاهای نانوالیاف در سال‌های آینده دارد، به نحوی که پیش‌بینی شده تا سال ۲۰۱۷ بازار محصولات نانوالیاف از مرز ۵۰۰ میلیون دلار عبور کند و سهم غشاهای نانوالیاف به بیش از ۲۰ میلیون دلار برسد. نتایج این آمار که توسط موسسه تحقیقات بازار BCC Research ارائه شده است، در نمودار زیر قابل مشاهده است [۹ و ۱۰].



نمودار ۱. بازار غشاهای نانوالیاف در تصفیه آب و میزان رشد آن از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ [۱۰]

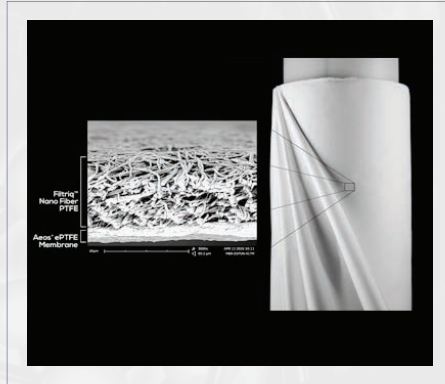
شرکت‌های فعال خارجی در حوزه غشاهای نانوالیاف جهت تصفیه آب

یکی از اولین شرکت‌هایی که در دهه ۱۹۸۰ در زمینه تولید غشاهای نانوالیاف در مقیاس صنعتی آغاز به فعالیت کرد، شرکت Donaldson Filtration Solutions بوده است. این شرکت طیف وسیعی از محصولات بر پایه نانوالیاف را ارائه می‌دهد که در کاربردهای مختلفی از جمله تصفیه هوا، فیلترهای خودرو، فیلترهای تصفیه آب و غیره قابل استفاده هستند. در این میان غشاهای نانوالیاف برای اولترافیلتراسیون یکی از مهمترین محصولات این شرکت را تشکیل می‌دهند که در شکل زیر یک نمونه از آنها قابل مشاهده است. این محصول تحت عنوان تجاری Tetratex شناخته می‌شود و از جنس تفلون (پلی-تترافلورو اتیلن [PTFE]) ساخته می‌شود [۱۱].



شکل ۸. یک محصول غشایی نانوالیاف تولید شده توسط شرکت Donaldson برای اولترافیلتراسیون به نام Tetratex [۱۲]

دیگر شرکت فعال در زمینه تولید غشاهای نانوالیاف، شرکت آمریکایی Zeus است که محصولات نانوالیاف مختلفی برای کاربردهای گوناگون از جمله فیلتراسیون آب، داروها، مواد شیمیایی مختلف، هوا و گازها ارائه می‌کند. نمونه‌ای از محصولات این شرکت که از تفلون ساخته شده و ساختار سه‌بعدی از الیاف دارد، در شکل ۹ قابل مشاهده است [۱۳].



➤ شکل ۹. غشاء نانوالیاف تولید شده توسط شرکت Zeus که با نام تجاری Filtriq در بازار به فروش می‌رسد [۱۳]

علاوه بر شرکت‌های فعال در زمینه تولید غشاهای نانوالیاف، شرکت‌هایی هم در زمینه ساخت دستگاه‌های تولید نانوالیاف و غشاهای نانوالیاف فعالیت دارند. از جمله مشهورترین این شرکت‌ها می‌توان به شرکت Elmarco اشاره نمود. این شرکت چندین دستگاه برای تولید نانوالیاف وارد بازار کرده است که تحت عنوان تجاری Nanospider شناخته می‌شوند. دستگاه‌های این شرکت که یک نمونه از آن‌ها را در شکل زیر ملاحظه می‌کنید، می‌توانند طیف گسترده‌ای از پلیمرها را برای تولید نانوالیاف مورد استفاده قرار دهند و غشاهای نانوالیافی با اندازه حفرات چند نانومتر تا نزدیک به یک میکرومتر تولید نمایند. فرآیند مورد استفاده در دستگاه‌های این شرکت برای ساخت غشاهای نانوالیاف روش الکتروریسی است [۱۴].

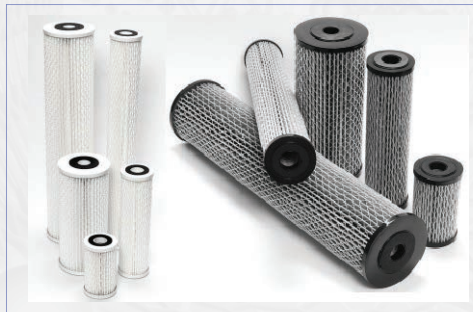


➤ شکل ۱۰. دستگاه مدل NS 8S1600U ساخته شده توسط شرکت Elmarco برای تولید غشاهای نانوالیاف با استفاده از روش الکتروریسی [۱۵]

از دیگر شرکت‌های فعال در زمینه تولید غشاهای نانوالیاف برای فیلتراسیون، شرکت ESFIL TECHNO است که در کشور استونی مستقر است. این شرکت از جمله شرکت‌های با سابقه در زمینه تولید غشاهای پلیمری

میکروالیاف و نانوالیاف است و در حدود ۴۰ سال است که به فعالیت خود ادامه می‌دهد. این شرکت محصولات متنوعی برای کاربردهای زیست محیطی، جداسازی و خلص سازی مایعات و گازها و همچنین میکرو فیلتراسیون و اولترافیلتراسیون ارائه می‌دهد [۱۶].

شرکت Argonide یکی دیگر از فعالین در زمینه سیستم‌های پیشرفته فیلتراسیون است که محصولاتی در حوزه غشاهای نانوالیاف نیز ارائه می‌دهد. مهم‌ترین محصول تجاری این شرکت در زمینه غشاهای نانوالیاف که در کشور آمریکا به عنوان یک اختراع به ثبت رسیده است، محصولی با نام NanoCeram است. این محصول که به صورت کارتریج ارائه می‌شود، قادر است ذرات با ابعاد چند نانومتر تا ده‌ها میکرون جذب سطحی کند که به خاطر خصلت الکترون‌دهندگی^{۲۲} آن است. تصویر این محصول که بر اساس فناوری‌های ارائه شده توسط NASA در شرکت Argonide ساخته شده است، در شکل زیر قابل مشاهده است [۱۷].



» شکل ۱۱. غشاهای اولترافیلتراسیون NanoCeram تولید شده توسط شرکت Argonide [۱۷].

شرکت‌های داخلی فعال در زمینه تولید غشاهای نانوالیاف

هم راستا با دیگر کشورها، در کشور ما نیز توجه به ترکیبات و غشاهای نانوالیاف به صورت روز افزون در حال افزایش است و چندین شرکت در این زمینه فعالیت دارند. از جمله این شرکت‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

شرکت نانوآزما: اولین فعالیت دانشگاهی این گروه در جهت ساخت دستگاه تولید نانوالیاف توسط اعضای این شرکت در سال ۱۳۸۲ انجام شده است. ساخت انواع دستگاه‌های الکترورسی تحقیقاتی و انجام پروژه‌های علمی در این زمینه از جمله فعالیت‌های این شرکت بوده است؛ بطوریکه مهمترین مراکز نانو و دانشگاه‌های ایران از محصولات این شرکت بهره‌مند شده‌اند. ساخت دستگاه الکترورسی برای دانشگاه صنعتی شریف و مرکز نانو فناوری این دانشگاه (۲ عدد) دانشگاه صنعتی امیرکبیر (۲ عدد)، مرکز نانو دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور (۱ عدد)، مرکز تحقیقات بیماری‌های ریوی (۱ عدد)، دانشگاه کاشان (۱ عدد)، دانشگاه صنعتی بیرجند (۱ عدد)، دانشگاه تهران (۱ عدد) دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی (۲ عدد)، دانشگاه آزاد اسلامی (۲ عدد)، صنایع دفاع (۱ عدد) و انجام چندین پروژه علمی در حوزه مهندسی بافت، انرژی‌های نوین و فیلتراسیون از فعالیت‌های این شرکت بوده است.



» شکل ۱۲. دستگاه الکترورسی
تمام خودکار ساخته شده در
شرکت نانوآرما [۱۸]

■ **شرکت مهندسی تجهیزات پیشرفته آدیکو:** هدف اصلی این شرکت که فعالیت اصلی آن ارائه مشاوره در زمینه‌های مختلف از جمله نانوفناوری، زیست‌فناوری، فنی و مهندسی، علوم پزشکی، دارویی، تجهیزات آزمایشگاهی و علوم پایه است، تجاری‌سازی تجهیزات پیشرفته ساخت داخل، مبتنی بر فناوری‌های نوین و عرضه آن‌ها است. یکی از این محصولات تجاری شده دستگاه الکترورسی برای تولید غشاهای نانوالیاف جهت استفاده در طیف گسترده‌ای از ترکیبات پلیمری می‌باشد که در شکل زیر قابل مشاهده است.



» شکل ۱۳. دستگاه الکترورسی
برای تولید نانوالیاف که توسط
شرکت آدیکو تجاری‌سازی شده
است [۱۹]

شرکت فناوران نانومقیاس: دیگر شرکت داخلی فعال در زمینه غشاهای نانوالیاف، شرکت فناوران نانومقیاس است که با بهره‌گیری از خبرگان امر در نظر دارد با استراتژی مناسب و برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت و بلندمدت عملیات مدونی را در زمینه‌های تحقیقات، تولید و کاربرد نانوالیاف و نانوذرات مخصوصاً نانوذرات مغناطیسی در راستای بهبود کیفیت زندگی افراد جامعه اجرا و مدیریت نماید. گام نخست این شرکت در جهت نیل به اهداف بلندمدت، تولید صنعتی و بومی‌سازی برخی محصولات مانند فیلترهای خودرو و غشاهای فیلتراسیون با تکنولوژی نانوالیاف است. این شرکت غشاهای نانوالیاف از جمله: پلی‌آمید ۶ (PA6)، پلی‌آمید ۶،۶ (PA66)، پلی‌اکریلونیتریل (PAN)، پلی‌وینیل الکل (PVA)، نانوالیاف الکتروریسی شده پلی‌کاپرولاکتون (PCL) و نانوالیاف الکتروریسی شده پلی‌لاکتیک گلایکولیک اسید (PLGA) را به مشتریان خود ارائه می‌دهد. همچنین این شرکت دستگاه‌های الکتروریسی صنعتی، نیمه‌صنعتی و آزمایشگاهی را نیز به بازار ارائه می‌دهد.



شکل ۱۴. دستگاه الکتروریسی نیمه‌صنعتی ساخته شده شرکت فناوران نانومقیاس [۲۰]

جمع‌بندی

غشاهای فیلتراسیون نانوالیاف در سال‌های اخیر مورد توجه بسیار زیادی قرار گرفته‌اند که این موضوع مدیون پیشرفت روزافزون علوم و فناوری‌های نانو است. این غشاهای خواص مکانیکی و انعطاف‌پذیری بسیار مناسبی داشته و عموماً با استفاده از پلیمرهای مختلف و توسط روش الکتروریسی تولید می‌شوند. روش الکتروریسی به عنوان یکی از ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش‌های ساخت غشاهای نانوالیاف شناخته می‌شود و مبنای عمل آن بر اساس دافعه الکترواستاتیک است. غشاهای نانوالیاف از جمله ارزان‌ترین غشاهای مورد استفاده در فرآیندهای

فیلتراسیون شناخته شده و شرکت‌های زیادی در زمینه ساخت و توسعه غشاهای نانوالیاف و همچنین دستگاه‌های الکترووریسی برای تولید این نوع غشاء در سراسر دنیا در حال فعالیت هستند.

پی‌نوشت‌ها

- | | |
|------------------------|----------------------------|
| ۱ Nanomaterials | ۱۲ Self-assembly |
| ۲ Purification | ۱۳ Electrospinning |
| ۳ Separation science | ۱۴ Hollow |
| ۴ Nanofiber | ۱۵ Core-shell |
| ۵ Microfiltration | ۱۶ Functionalization |
| ۶ Ultrafiltration | ۱۷ Modification |
| ۷ Pre-membrane | ۱۸ Chitosan |
| ۸ Reverse Osmosis (RO) | ۱۹ Cyclodextrin |
| ۹ Drawing | ۲۰ Polyurethane |
| ۱۰ Template | ۲۱ Polytetrafluoroethylene |
| ۱۱ Phase-separation | ۲۲ Electropositivity |

مراجع

- ۱ www.porexfiltration.com
- ۲ <http://www.yflow.com>
- ۳ <http://www.nutraingredients.com>
- ۴ http://www.mdpi.com/sensors/sensors-09-00086/article_deploy/html
- ۵ Celebioglu, A. and T. Uyar, Electrospinning of polymer-free nanofibers from cyclodextrin inclusion complexes. *Langmuir*, 2011. 27(10): p. 6218-6226.
- ۶ <http://konsys-t.tanger.cz/files/proceedings/20/reports/3090.pdf>; Jaroslav Leva et al., Microfiltration Nanofibrous Membrane For Wastewater Treatment. *Nanocon*, Czech Republic, EU, 2013. 10: p. 16-18
- ۷ <http://www.nafigate.com/en/section/portal/app/portal-article/detail/69956-presentation-on-water-filtration>
- ۸ <http://www.nafigate.com/en/section/portal/app/news/detail/70222-moving-beyond-electrospinning-melt-nanofiber-production>

۹ <http://www.bccresearch.com/market-research/nanotechnology/nanofibers-market-nan043c.html>

۱۰ مجموعه گزارش‌های رصد فناوری‌نانو: کاربرد فناوری‌نانو در تصفیه آب. ستاد ویژه توسعه فناوری‌نانو؛ ترجمه علی عباسی، ۱۳۹۱: ۵۵-۵۲. p.

۱۱ http://www.donaldson.co.za/html/about_us.html

۱۲ <http://www.donaldson.co.za/index.html>

۱۳ <http://www.zeusinc.com/advanced-products/filtriq>

۱۴ <http://www.elmarco.com/nanofiber-equipment/nanofiber-equipment>

۱۵ <http://www.elmarco.com/nanofiber-equipment/nanofiber-production-lines-ns8s1600u>

۱۶ <http://www.esfiltehno.ee/eng>

۱۷ <http://www.argonide.com/nanoceram>

۱۸ http://www.nanoazma.ir/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=74

۱۹ <http://www.adeeco.ir/product/detail/%D8%A7%D9%84%DA%A9%D8%AA%D8%B1%D9%88%D8%B1%DB%8C%D8%B3%DB%8C/9/19/view>

۲۰ http://www.fnm.ir/gallery_pilot.htm

مجموعه نرم‌افزارهای «نانو و صنعت»

مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با هدف معرفی کاربردهای فناوری‌نانو 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 فناوری‌نانو قرار داده شده است. تاکنون شش عنوان از مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با موضوع کاربردهای فناوری‌نانو در صنایع «نفط»، «خودرو»، «نساجی»، «ساخت‌وساز»، «بهداشت و سلامت» و «کشاورزی»، ارائه شده است.

مرکز پخش: ۶۶۸۷۱۲۵۹ - www.nanosun.ir



از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو منتشر شده است



- کاربردهای فناوری نانو در بخش انتقال شبکه برق‌رسانی
- فناوری نانو و توسعه آن در کشاورزی
- نقش فناوری نانو در ارتقای کیفی سیمان و مصالح پایه‌سیمانی
- روش تغییر شکل پلاستیک شدید (SPD) در تولید فلزات نانو ساختار
- آلیاژسازی و فعال‌سازی مکانیکی، فناوری تهیه نانومواد
- منسوجات ضد میکروب
- کاربرد فناوری نانو در سازه‌های بتنی هوشمند با قابلیت خود ترمیم شوندگی
- لوله‌های حرارتی و کاربردهای آن در انتقال انرژی حرارتی
- کاربرد فناوری نانو در بهبود عملکرد سلول‌های خورشیدی
- نانو حسگرها جهت پایش شاخص‌های حیاتی بدن
- سیستم یون‌زدایی خازنی (CDI)
- کاربرد نانو در متالورژی پودر فلزات
- کاربرد فناوری نانو در پوشش‌های ضد نقش و ضد نوشتار
- میکرو/نانو حباب در صنعت آب و فاضلاب
- استفاده از نانوذرات پلیمری بر پایه PLGA برای دارورسانی هدفمند
- کاربرد فناوری نانو جهت گندزدایی از آب به روش ازوناسیون
- تصفیه آب با استفاده از غشاء سرامیکی نانو-فیلتراسیون
- کاربرد فناوری نانو در گچ ساختمانی
- کاربرد فناوری نانو در عایق‌های حرارتی
- کاربرد فناوری نانو در عایق‌های صوتی
- افزایش تولید و کیفیت محصولات کشاورزی با استفاده از نانو کودهای 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
- نانولیووزوم‌ها و نقش آنها در رهایش دارو
- کاربرد فناوری نانو در محیط‌های بیمارستانی
- کاربرد فناوری نانو در حسگرهای ساختمانی
- کاربرد 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
- استفاده از غشاء نانولوله کربنی جهت نمک‌زدایی و تصفیه آب
- کاربرد فناوری نانو در کاشی و سرامیک
- غنی‌سازی محصولات کشاورزی با نانو کودهای کلاته آهن و روی
- کاربرد فناوری نانو در فرآیندهای ازدیاد برداشت نفت خام
- خشک‌کردن انجمادی پاششی
- کیتوسان پلیمری زیست تخریب پذیر در سامانه‌های دارورسانی
- فناوری نانو و بتن‌های ویژه
- کاربرد فناوری نانو در آنالیزگرهای جدید صنایع بالادستی نفت