ریاست جمهوری
معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان
ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو

فصلنامه فناوری نانو

سال بیست‌ودوم | تابستان ۱۴۰۲ | شماره ۲ | پیاپی ۲۸۳
ISSN 2228-5385

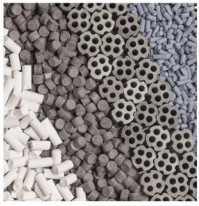
صادرات نانوی ایرانی

صادرات کیسه‌های زبالهٔ نانویی زیست تخریب‌پذیر ایرانی به ارمنستان

حجم بازار فناوری نانو ایران، از ۳۰۰ هزار میلیارد ریال عبور کرد!

معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان
ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو

ایرانانو میکرو ۱۴۰۲
IRANANO MICRO 2023



۱۳ تا ۱۶
آبان ماه ۱۴۰۲

چهاردهمین نمایشگاه فناوری نانو

The 14th Nanotechnology Exhibition

سالن‌های ۴۴ (خلیج فارس)، ۵ (ملل)
info@nanoexhibition.ir
nanoexhibition.ir
International Permanent Fairground,
Tehran, Iran
محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران

فصلنامه
فناوری نانو
۲۸۳
سال بیست‌ودوم | تابستان ۱۴۰۲ | شماره ۲ | پیاپی ۲۸۳

صادرات نانوی ایرانی
صادرات کیسه‌های زباله نانویی زیست‌تخریب‌پذیر ایرانی به ارمنستان ۲

نانو در ایران
حجم بازار فناوری نانو ایران، از ۳۰۰ هزار میلیارد ریال عبور کرد ۳
چهار حوزه برای توسعه فناوری میکرو انتخاب شده است ۶
به‌کارگیری ظرفیت‌های شرکت‌هایی نانویی در بهینه‌سازی مصرف انرژی ۸
شرکت شیلر فرآیند پارس: نمایشگاه نانو برای فعالان صنعتی اهمیت زیادی دارد ۹
شرکت فناوران نانومقیاس: به دنبال بهره‌برداری حداکثری از نمایشگاه ایران نانو ۱۴۰۲ هستیم ۱۰
افزایش کیفیت پوشش‌دهی هواپیما با نانورنگ‌های ایرانی ۱۱
بهره‌بردار فناوری نانوحباب‌ساز: ۱۸۰ هزار بوته توت‌فرنگی را با این فناوری کشت داده‌ایم ۱۲
اکسیر نوین فرآیند آسیا: در «ایران نانو ۱۴۰۲» از نانوکاتالیست‌های ایرانی بازدید کنید ۱۳

پژوهش در ایران
دانشگاه همدان: افزایش بهره‌وری در فرایند احیای الکتروکاتالیستی گاز دی‌اکسید کربن ۱۴
دانشگاه صنعتی شریف: راهکاری برای رفع چالش تخریب آندهای نسل جدید نانوساختار سیلیکونی در باتری‌های لیتیومی ۱۵

رصد فناوری
رصد اثرگذاری فناوری نانو در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی ۱۶

گزارش عملکرد
وضعیت دستیابی به اهداف کلان پیشرفت فناوری نانو در ایران ۲۵

گزارش
افزایش ایمنی و کندسوزی در صنایع اسباب‌بازی با فناوری نانو ۴۱
نانوپوششی زیست‌سازگار برای محافظت از کالای ایرانی ۴۶
کاربرد فناوری نانو در پوشش‌های عایق صوت و حرارت لوکوموتیو ۵۱

اخبار تجاری‌سازی ۶۰

اخبار پژوهشگران ۶۷

صاحب امتیاز:
ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو
مدیرمسئول: علی‌محمد سلطانی
سردبیر: عماد احمدوند
مدیریت اجرا:
شرکت توسعه فناوری مهرویژن
مدیر داخلی: محمد اکبرزاده
دبیر صنعت: مهدی کدخدائی
دبیر خبر: داود قرایلو
همکاران این شماره:
آتوسا زنگنه، فهیمه مظاهری، سیده‌سمانه قاسمی
مدیر هنری و طراح گرافیک:
محمدرضا صاحبی
طراحی جلد: ندا حیدری
صفحه‌آرایی:
زهرا نصیری، مهدیه مه‌آبادی

■ فصلنامه فناوری‌نانو آماده انتشار مقالات و دیدگاه‌های محققان و صاحب‌نظران است.
■ مسئولیت صحت مطالب بر عهده نویسندگان است.
■ نقل مطالب فصلنامه فناوری‌نانو با ذکر منبع بلامانع است.
■ آرشیو نشریه فناوری‌نانو در سایت www.nano.ir موجود است.

نشانی: تهران، ستارخان، خیابان حبیب‌اله، خیابان شهید متولیان، شماره ۹
صندوق پستی: ۳۴۴-۱۴۵۶۵
امور مشترکان: ۰۲۱۶۶۸۷۱۲۵۹
تلفن: ۰۲۱۶۳۱۰۰
وب‌سایت: www.nano.ir
پست الکترونیک: newsletter@nano.ir

صادرات کیسه‌های زباله نانویی زیست‌تخریب‌پذیر ایرانی به ارمنستان

با انعقاد قراردادی که میان شرکت نوین پلیمر سبز نانوارس و شهرداری شهر کاپان در ارمنستان منعقد شده، قرار است از کیسه‌زباله‌های پلی‌اتیلنی زیست‌تخریب‌پذیر و آنتی‌باکتریال این شرکت ایرانی در شهر کاپان استفاده شود.

محمدعلی ولیان؛ مدیرعامل شرکت نوین پلیمر سبز نانوارس در منطقه آزاد تجاری صنعتی ارس می‌گوید: «ما تولیدکننده پلاستیک با فناوری نانو هستیم که صادرات به کشورهای آلمان، ازبکستان، ترکیه، ارمنستان و عراق داشته‌ایم. ما با سرمایه ثابت ۱۰ میلیارد تومان شروع به کار کردیم که سرمایه ثابت ما در حدود ۷ میلیارد و باقی آن به صورت سرمایه در گردش است.»

وی گفت: «با حل برخی مشکلات و افزایش خط تولید توانسته‌ایم ظرفیت تولید خود را افزایش داده و صادرات را نیز سه برابر افزایش دهیم.»

مهندس ولیان می‌گوید: «شرکت نوین پلیمر سبز نانوارس در نمایشگاهی در ارمنستان شرکت کرد. ماحصل حضور در این نمایشگاه عقد قرارداد با شهرداری شهر کاپان بود. براساس این قرارداد شرکت نوین پلیمر سبز نانوارس کیسه‌های زباله نانویی آنتی‌باکتریال زیست‌تخریب‌پذیر را به این کشور صادر می‌کند تا توسط شهرداری شهر کاپان مورد استفاده قرار گیرد.»

توسعه فناوری کیسه پلاستیکی زیست‌تخریب‌پذیر و مقاوم نانویی با هدف کمک به محیط‌زیست و کاهش پسماندهای پلاستیکی انجام شده و در حال حاضر این محصول از سوی بازار در داخل ایران نیز موردپذیرش قرار گرفته است به طوری که در حال حاضر در میادین میوه و تره‌بار تهران و مشهد از این محصولات استفاده می‌شود. این نانومحصول توسط مدیران میادین میوه و تره‌بار تهران و مشهد مورد آزمایش و ارزیابی قرار گرفت و پس از اطمینان از عملکرد آن، از این نانومحصول در میادین میوه و تره‌بار این دو شهر استفاده می‌شود. این محصولات نسبت به پلاستیک‌های رایج از مزیت‌های زیادی برخوردار هستند. مقاومت کششی و فیزیکی بالا، مقاومت در برابر حرارت و زیست‌تخریب‌پذیری از جمله ویژگی‌های این محصول است. پسماند غذا و دیگر مواد فاسد شدنی درون کیسه‌زباله یک مکان مطلوب برای رشد باکتری‌ها هستند که باعث ایجاد آلودگی می‌شوند. در این کیسه‌ها، نانوذرات آنتی‌باکتریال از رشد میکروارگانیسم‌هایی که موجب فساد و ایجاد آلودگی می‌شوند، جلوگیری می‌کنند. نانوذرات اکسیدروی فعالیت ضدباکتریایی قوی را در برابر باکتری‌های بیماری‌زا از خود نشان می‌دهند. در نتیجه کیسه‌های آنتی‌باکتریال این شرکت بسیار موردتوجه بیمارستان‌ها قرار دارد و در حال حاضر تعدادی از کلینیک‌ها و بیمارستان‌ها از این کیسه‌ها استفاده می‌کنند.

حجم بازار فناوری نانو ایران، از ۳۰۰ هزار میلیارد ریال عبور کرد

دبیر ستاد توسعه فناوری نانو و میکرو از افزایش فروش محصولات نانو در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال پیش از آن خبر داد. با عبور حجم بازار فناوری نانو ایران از رقم ۳۰۰ هزار میلیارد ریال در سال ۱۴۰۱، این بازار نسبت به سال قبل از آن رشد ۵۰ درصدی را تجربه کرده است.

شنبه ۲۹ مهرماه ۱۴۰۲، ستاد نانو، در نشست «تحلیل بازار محصولات نانو ساخت ایران»، میزبان خبرنگاران و اصحاب رسانه بود. در ابتدای این نشست دکتر عماد احمدوند، دبیر ستاد توسعه فناوری نانو و میکرو، ضمن ابراز تاسف از وحشی‌گری‌های رژیم غاصب در برابر مردم مظلوم غزه، از ضرورت تقویت کشور برای بهتر شدن و قوی‌تر شدن سخن گفت و در حوزه فناوری نانو، بر لزوم حمایت از شرکت‌ها و صنایع برای تقویت کشور تاکید کرد.

دکتر احمدوند درباره روش محاسبه اندازه بازار نانو در کشور گفت: «ما با تهیه پرسش‌نامه‌هایی از شرکت‌های دارای محصولات نانو درخواست می‌کنیم که داده‌های مورد نیاز برای محاسبه اندازه بازار نانو را در اختیار ما قرار دهند که از میان ۳۵۰ شرکت نانویی، ۲۸۵ شرکت به این پرسشنامه‌ها پاسخ دادند.»

وی افزود: «براساس اطلاعات جمع‌آوری شده توسط گروهی از کارشناسان ستاد نانو، تاپایان سال ۱۴۰۱، ۱۴۲۸ محصول نانو توسط ۳۵۰ شرکت فعال در این حوزه تجاری شده و از واحد ارزیابی و نظارت ستاد فناوری نانو، گواهی نانو مقیاس صنعتی دریافت کرده است؛ مجموع بازار فروش این محصولات در سال ۱۴۰۱ بیش از ۳۰ هزار میلیارد تومان بوده که نسبت به سال گذشته ۵۰ درصد رشد داشته است و همچنین بیش از ۶۳ درصد از این بازار معادل ۶۹ میلیون دلار را صادرات این محصولات تشکیل می‌دهد و ۹۳/۷ درصد نیز مربوط به بازار داخلی است.»

دبیر ستاد توسعه فناوری نانو و میکرو با بیان اینکه معادل ارزی بازار فروش محصولات نانویی ساخت ایران بر اساس متوسط روزانه نرخ دلار سال ۱۴۰۱، یعنی ۲۷ هزار تومان، برابر ۱۱۲۵ میلیون دلار ارزیابی شده است، ادامه داد: «در دوره چهار ساله گذشته بازار محصولات نانو ساخت داخل از ۴/۴ هزار میلیارد تومان در سال ۹۸ به بیش از ۳۰ هزار میلیارد تومان در سال ۱۴۰۱ رسیده که متوسط رشد سالانه آن ۹۰ درصد بوده و حدود ۵۰ درصد بیشتر از متوسط نرخ تورم سالانه کشور در این دوره بر اساس اعلام رسمی مرکز امار ایران بوده است.»

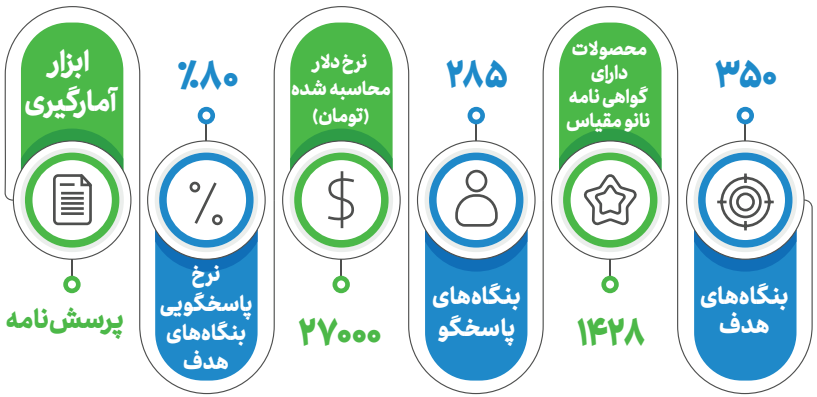
به گفته دکتر احمدوند، سه حوزه صنعتی ساخت و ساز، خودرو و نفت، گاز و پتروشیمی به ترتیب بیشترین سهم را از بازار محصولات نانو در سال ۱۴۰۱ داشته‌اند. نزدیک به نیمی از بازار فناوری نانوی کشور مربوط به حوزه ساخت و ساز است؛ همچنین حدود ۹۰ درصد از بازار دو حوزه بعدی یعنی خودرو و نفت و گاز را انواع نانو کاتالیست‌های خودرو و نفت و پتروشیمی تشکیل می‌دهند. چهار فناوری نانو پوشش، نانوکاتالیست، نانو آمیزه‌سازی و پرداخت و عملیات سطحی بیشترین سهم را در تولید محصولات نانوی ساخت ایران دارند. حدود ۷۰ شرکت با حجم فروش نانوی بالای ۱۰۰ میلیارد تومان در سال در کشور فعال هستند که ۸۵ درصد از حجم بازار فناوری نانو ایران را در اختیار دارند. در سال ۱۴۰۱ بیش از ۶۹ میلیون دلار از محصولات نانوی ساخت ایران به ۴۸ کشور در ۵ قاره دنیا صادر شده است و بیش از ۸۰ درصد از صادرات محصولات نانو به ترتیب به کشورهای عراق، افغانستان، روسیه، ترکیه، گرجستان و آذربایجان بوده است.

در بخش بعدی این نشست، دکتر احمدوند به تحلیل چند محصول نانویی ایران ساخت پرداخت. وی درباره سه محصول دارویی ضد سرطان که در داخل کشور و با کمک فناوری نانو ساخته می‌شوند گفت که این محصولات طی سال‌های اخیر از خروج ۹۰ میلیون دلار ارز از کشور جلوگیری کرده و ۹ میلیون دلار نیز صادرات داشته است. همچنین تولید این سه دارو موجب کاهش هزینه شرکت‌های بیمه تا ۷ هزار میلیارد ریال شده است.

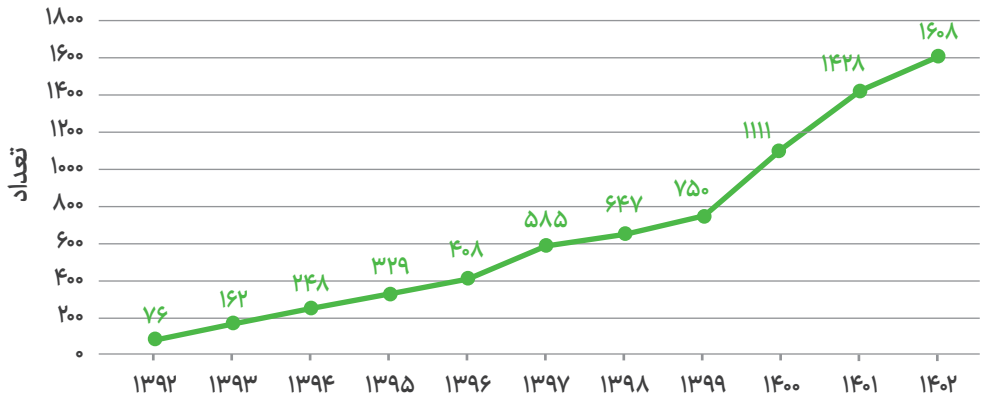
دکتر احمدوند درباره بازار نانوکاتالیست‌ها گفت از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ در مجموع ۱۷ شرکت اقدام به تولید نانوکاتالیست در حوزه نفت و گاز و خودرو کرده‌اند که در مجموع فروش آنها در سه سال ۱۴۰۰۰ میلیارد ریال بوده است. ۵۶ درصد بازار نانوکاتالیست‌ها مربوط به نفت و گاز و ۴۴ درصد به صنعت خودرو مربوط می‌شود.

به گفته دبیر ستاد توسعه فناوری نانو و میکرو، در حوزه نانو پوشش طی سال‌های گذشته ۵ شرکت در تولید تجهیزات پوشش‌دهی صنعتی نانو فعال بوده‌اند که با تولید این تجهیزات حدود ۱۰۰ برابر مجموع فرو شاین شرکت‌ها در بازار ثانویه محصولات نانوپوشش از قبیل شیرآلات بهداشتی، کاشی، یراق آلات، چینی و بلور و مصنوعات فلزی توسعه پیدا کرده است.

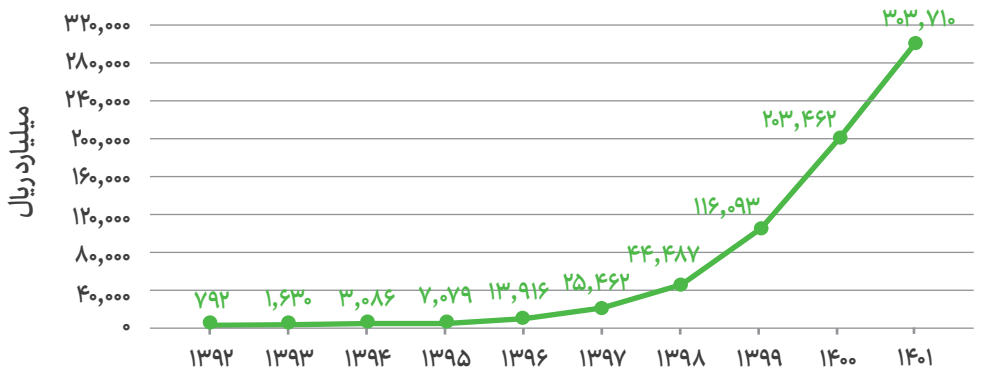
مشخصات کلی آمارگیری از شرکت‌های نانو ۱۴۰۱



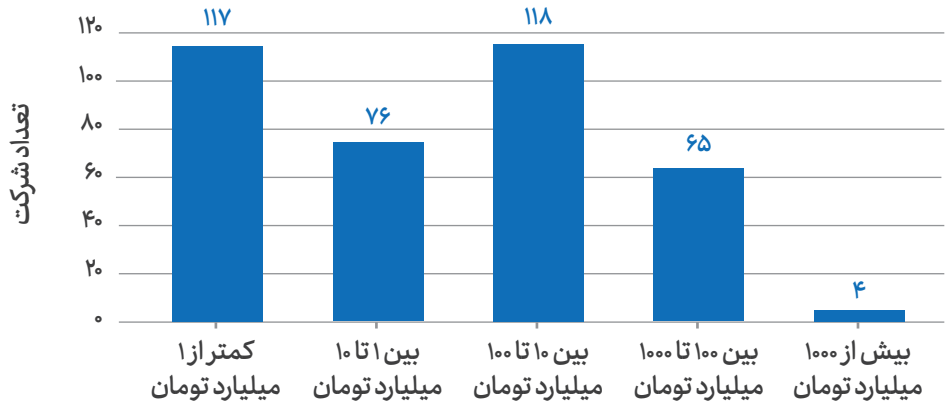
روند تولید محصولات نانو ساخت ایران



روند بازار فناوری نانو ایران



تفکیک رده‌های فروش در شرکت‌های نانو ۱۴۰۱

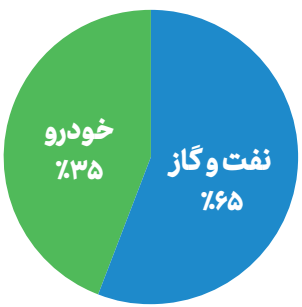


بازار نانو داروی ضدسرطان (۱۴۰۱-۱۳۹۵)

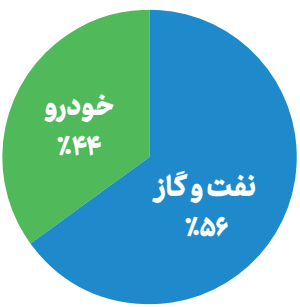
بازار نانوکاتالیست (۱۴۰۱-۱۳۹۹)

تعداد شرکت تولیدی: ۱۷ شرکت در حوزه نفت و گاز و خودرو
حجم فروش سه ساله (میلیارد ریال): ۱۴۰,۰۰۰

تعداد شرکت



حجم بازار



چهار حوزه برای توسعه فناوری میکرو انتخاب شده است

ستاد توسعه فناوری نانو و میکرو راهبرد ویژه‌ای برای توسعه فناوری میکرو در پیش گرفته و در این راستا روی چهار حوزه منتخب آزمون‌های تشخیص بر بالین (Point Of Care Test)، فناوری طراحی مدارهای مجتمع با کاربرد خاص (ASIC)، سامانه‌ها و ابزارهای پایش خود توان (Self-Power) و داروهای طولانی عمل (Long Acting) متمرکز شده است.

مهندس آذرشب؛ کارشناس بخش حوزه میکرو ستاد، درباره ورود ستاد نانو به حوزه میکرو می‌گوید: «از پاییز سال ۱۴۰۱ که مسئولیت ترویج و توسعه فناوری میکرو به ستاد نانو داده شد و پس از آن برنامه‌هایی برای توسعه این حوزه در ستاد تدوین شد. ستاد به دنبال ارتقای توان تحقیقاتی و تجاری‌سازی شرکت‌ها در فناوری میکرو بوده و برای این کار چهار شاخه مختلف را به صورت ویژه مورد نظر قرار داده است.»

مهدی نادری از کارشناسان ستاد در بخش میکرو، درباره اینکه چرا ستاد روی چهار حوزه ویژه متمرکز شده می‌گوید: «زمانی که ستاد نانو کار روی فناوری نانو را شروع کرد کل طیف نانو را در دامنه فعالیت‌های ترویجی و حمایتی خود قرار داد. اما از آنجایی که فناوری میکرو بسیار وسیع است، انتخاب چهار حوزه اولویت‌دار می‌تواند اثربخشی فعالیت‌های ستاد را افزایش دهد. از این رو، این چهار حوزه توسط ستاد شناسایی و معرفی شدند.»

نادری می‌افزاید: «از نظر جایگاه توسعه‌ای ممکن است در یک موضوع ما در اول راه باشیم و نیاز به حمایت‌های تحقیقاتی از سوی ستاد باشد، در موضوع دیگر ممکن است زیرساخت‌ها و بنیه علمی و تجاری کشور به حدی رشد یافته باشد که حتی شرکت‌های تولیدی در آن موضوع داشته باشیم که در این صورت نوع حمایت‌ها و پرداختن به موضوع با حالت اول تفاوت دارد. بنابراین برنامه ستاد برای توسعه فناوری میکرو تا حدی با فناوری نانو تفاوت دارد و از این رو لازم است که برای هر حوزه برنامه‌های حمایتی، ترویج و توسعه‌ای ویژه‌ای ارائه شود که با حوزه دیگر متفاوت است.»

مهندس نادری درباره حوزه آزمون‌های تشخیص بر بالین می‌گوید: «آزمون‌های تشخیص بر بالین روند بسیار پرشتابی در دنیا دارند و در بسیاری از موارد جایگزین آزمون‌های مرسوم و سنتی در آزمایشگاه‌های تشخیص طبی شده‌اند. از این رو ضروری است با رویکرد تشخیص بر بالین بر توسعه فناوری‌ها، پلفترم‌ها و ابزارهای تشخیص سریع، زودهنگام و کم‌هزینه بیماری‌ها متمرکز شد. در این برنامه نشانگرهای تشخیصی برای چهار گروه دسته‌بندی می‌شوند: بیماری‌های عفونی، نشانگرهای قلبی، فاکتورهای خونی و ادراری و شمارش سلول‌های خونی.»

وی درباره فناوری طراحی مدارهای مجتمع با کاربرد خاص گفت: «زنجیره ارزش جهانی میکروالکترونیک که شامل مواد و گازهای مصرفی، تجهیزات و ماشین‌آلات تولید و بسته‌بندی،

طراحی قطعات، پردازنده‌ها و مدارهای مجتمع، زیرساخت‌های طراحی و تولید و تحقیقات فناورانه است. اجزای این زنجیره هم‌اکنون در دنیا گسترده شده و حتی بخش‌هایی از آن به صورت نیمه‌انحصاری فعال هستند (تولید انبوه پردازنده‌های زیر ۱۰ نانومتری). ورود به زنجیره ارزش جهانی این بخش‌ها نیاز به الزامات و زیرساخت‌هایی دارد که بعضاً سرمایه‌گذاری‌های بسیار زیادی را مطالبه می‌کند. طراحی بدون فب یا Fabless Design یکی از رویکردهایی است که امکان ورود بازیگران جدید با زنجیره ارزش جهانی را با موانع کمتر و سرمایه‌گذاری پایین‌تر فراهم می‌کند. جامعه دانشگاهی کشور ظرفیت خوبی برای ورود به این حوزه دارد. از این رو موارد مختلفی نظیر خودرو و حمل‌ونقل، ابزارهای پزشکی، ابزارها و تجهیزات عمومی صنعتی و الکترونیک مصرفی به‌عنوان حوزه‌های کاربردی خاص مدارهای مجتمع در اولویت قرار گرفته‌اند.»

سامانه‌ها و ابزارهای پایش خود توان از دیگر موضوعات این مرکز است. گسترش رویکرد IoT با توجه به توسعه شتابدار فناوری‌های زیرساختی مورد استفاده در این رویکرد، ضرورت توسعه باتری‌های کوچک با توان بالا را بسیار پررنگ کرده است. از سویی دیگر نوآوری‌هایی که در توسعه فناوری ابزارهای و قطعات خودتوان انجام شده است، نشان از ظهور نسل جدیدی از گسترش رویکرد IoT است. از این رو، توسعه فناوری‌های خود توان برای به‌کارگیری از ابزارها و قطعات پایش در اولویت قرار گرفته است.

در نهایت، داروهای طولانی عمل موضوع اولویت‌دار بعدی مرکز میکرو است. توسعه دارو و مکمل‌های پیشرفته و فناورانه با توجه به ظرفیت‌های علمی و زیرساختی در کشور، امکان پیشرو بودن را برای صنعت دارویی کشور فراهم می‌کند. این در حالی است که بسیاری از داروهای ارزشمند با کارایی و عملکرد بالا به دلیل تحریم وارد کشور نشده و بیماران از مزایای این داروها بهره‌مند نخواهند شد. این در حالی است که رویکرد جدید توجه به دارورسانی هدفمند، آهسته رهش و شخصی‌سازی شده توجه به فرم‌ها و داروهای جدید که در حال انجام آزمون‌های بالینی هستند را نیز الزامی می‌کند. یکی از حوزه‌های تمرکز برنامه توسعه فناوری دارویی تا سال ۱۴۰۴ داروهای Long Acting پایه پلیمری است. نیاز به درمان‌های طولانی‌مدت بیماری‌های مزمن، انگیزه توسعه گسترده فرمول‌های تزریقی طولانی‌مدت (LAPFs) با هدف بهبود فارماکوکینتیک دارو و اثربخشی درمانی شده است. ثابت شده است که LAPFها نیمه‌عمر درمان‌ها را افزایش می‌دهند و همچنین پایبندی بیمار به مسیر درمان را بهبود می‌بخشند. در طول دهه‌های گذشته، پیشرفت قابل‌توجهی در طراحی LAPF‌های مؤثر در هر دو محیط پیش‌بالینی و بالینی صورت گرفته است. داروها و روش‌های درمانی متنوعی توسعه یافته که از منظر راهبرد به دو دسته اصلی ایجاد تغییرات در فارماکوکینتیک درون‌تنی و دست‌کاری آزادسازی دارو از سیستم‌های تحویل تقسیم می‌شوند. از بین این دو راهبرد برای طراحی داروهای طولانی عمل، سامانه‌های دارورسانی بیشتر مورد توجه قرار گرفته و سهم بیشتر از داروهای توسعه‌یافته را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین ذیل راهبرد سامانه‌های دارورسانی، فناوری‌های میکروانکپسولیشن، سامانه‌های پلیمری زیست‌تخریب‌پذیر تزریقی و کاشتنی کاربرد بیشتری داشته و محصولات بیشتری بر پایه این فناوری‌های وارد بازار خواهند شد.

به‌کارگیری ظرفیت‌های شرکت‌های نانویی در بهینه‌سازی مصرف انرژی

با امضای توافق‌نامه‌ای میان ستاد توسعه فناوری نانو و میکرو و فدراسیون صنعت نفت ایران، تجاری‌سازی ظرفیت‌های علمی و فنی شرکت‌های نانویی در حوزه انرژی تسریع می‌شود. این توافق‌نامه با هدف رفع نیازهای موجود در صنعت نفت با کمک فناوری نانو و همچنین بهره‌وری و بهینه‌سازی مصرف انرژی در حوزه‌های مختلف به امضا رسیده است.

آرش نجفی؛ رئیس فدراسیون صنعت نفت ایران و رئیس انجمن بهینه‌سازی مصرف انرژی ایران، درباره این توافق‌نامه گفت: «در جلسه‌ای که با ستاد نانو داشتیم با ظرفیت‌های بالای شرکت‌های فعال در حوزه فناوری نانو آشنا شدیم و در نتیجه موضوع توافق‌نامه همکاری میان دو مجموعه مطرح شد. از این رو، این توافق‌نامه آماده و به امضا رسید که هدف آن معرفی توانمندی‌های شرکت‌های نانویی به بخش‌های مختلف صنعت نفت و همچنین نیازسنجی از بخش خصوصی و انعکاس آن به صنعت نفت است. یکی از موضوعات اصلی در این توافق‌نامه بهره‌وری و بهینه‌سازی مصرف انرژی در حوزه‌های مختلف است.»

رئیس انجمن بهینه‌سازی مصرف انرژی ایران در ادامه گفت: «در حال برنامه‌ریزی هستیم تا از نمایشگاه نانو بازدید کنیم و بخش‌های مختلف صنعت نفت را نیز برای بازدید از نمایشگاه ترغیب کنیم. همچنین لیستی از دستاوردهای نانویی کشور را نیز آماده و در اختیار صنعت نفت قرار خواهیم داد تا پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های موجود در کشور برای استفاده در صنعت نفت مشخص شود.»

وی افزود: «این همکاری تنها به بخش نفت محدود نمی‌شود و اتاق بازرگانی به دنبال توسعه این همکاری در بخش‌های دیگر نظیر ساختمان، کشاورزی، معدن، پوشاک و صنایع غذایی نیز هست.»

یکی از اهداف این توافق‌نامه جمع‌آوری نیازهای بخش خصوصی و ارائه راه‌حل‌های فناورانه و مناسب در راستای اهداف سند ملی توسعه علوم و فناوری نانو است. توسعه و تجاری‌سازی محصولاتی مانند شیشه کاوه، بلنکت‌های ایروژل، رنگ‌های عایق حرارتی و هیترهای تشعشعی از دیگر موارد موردنظر در این توافق‌نامه بوده تا با استفاده از این فناوری‌های نانو، بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت ساختمان صورت گیرد.

قرار است ظرفیت‌های علمی و فنی و محصولات تولید شده بر مبنای فناوری نانو و میکرو در اختیار صنعت نفت قرار داده شود. همچنین امکان تبدیل ایده‌ها، نیازها و انتظارات صنعت نفت با کمک شرکت‌های نانویی به محصول در قالب این توافق‌نامه وجود دارد. ایده‌ها و طرح‌های قابل استفاده در زمینهٔ کاهش شدت مصرف انرژی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی توسط شرکت‌های نانویی تحلیل و بررسی شده و پس از تعیین میزان دقیق صرفه‌جویی انرژی ناشی از به‌کارگیری آن، در اختیار فدراسیون صنعت نفت قرار می‌گیرد.

لازم به ذکر است این توافق‌نامه در تاریخ ۲۴ مردادماه ۱۴۰۲ بین ستاد نانو و فدراسیون صنعت نفت به امضا رسیده است.

شرکت شیلر فرآیند پارس:
نمایشگاه نانو برای فعالان صنعتی اهمیت زیادی دارد

فرهنگ آزاد؛ مدیر مهندسی فروش شرکت شیلر فرآیند پارس می‌گوید هرچند از همه گروه‌های جامعه برای بازدید از نمایشگاه نانو می‌آیند، اما این نمایشگاه برای فعالان صنعتی اهمیت بسیاری زیادی دارد و باید تلاش کنیم تا سهم بازدیدکنندگان صنعتی را از نمایشگاه افزایش دهیم.

مهندس آزاد از تمامی فعالان صنعتی دعوت کرد تا برای حضور در نمایشگاه برنامه‌ریزی کنند چرا که این نمایشگاه یک فرصت مناسب برای آن‌هاست. به اعتقاد وی نوآوری‌های انجام شده در فناوری نانو به‌گونه‌ای است که می‌تواند برای رفع چالش‌های صنعت مفید باشد و از این رو بازدید از این دستاوردها برای مخاطب صنعتی بسیار جذاب است.

مدیر مهندسی فروش شرکت شیلر فرآیند پارس می‌گوید: «ما هر ساله در خانه نانویی شاهد محصولاتی هستیم که در آن‌ها از فناوری نانو استفاده شده است. این محصولات نانویی قابل استفاده در منازل بوده و برای مردم جذاب است. سال گذشته شرکت‌هایی نظیر تاش رادیاتور، پاکشو و بوتان محصولات نانویی که در آن‌ها از فناوری نانوپوشش تبدیلی شرکت شیلر فرآیند پارس استفاده شده بود را در خانه نانویی عرضه کردند. در نمایشگاه ایران نانو ۱۴۰۲ هم برخی از این محصولات نانویی نمایش داده خواهد شد.»

فرهنگ آزاد تأکید کرد که باید جهت‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها به سمتی برود که شرکت‌های صنعتی به سمت حضور در نمایشگاه نانو ترغیب شوند و سهم بازدیدکنندگان تخصصی از نمایشگاه نیز افزایش یابد.

لازم به ذکر است که شرکت شیلر فرآیند پارس طی سال‌های اخیر با عرضه نانوپوشش تبدیلی زیرکونیومی خود به بازار کمک شایانی به شرکت‌های تولیدکننده ایرانی کرده است. این نانوپوشش جایگزین پوشش‌های رایج در شرکت‌هایی نظیر پاکشوما، آبسال، امرسان، ایساتیس و تاش رادیاتور شده و میزان استفاده از مواد شیمیایی خطرناک را در تولید محصولاتی نظیر ماشین لباس‌شویی، یخچال، رادیاتور، بخاری، کولر و پکیج به حداقل میزان ممکن رسانده است و از طرفی کیفیت این محصولات و مقاومت به خوردگی آن‌ها را نیز ارتقا داده است.

هر ساله غرفه‌ای به نام خانه نانویی در نمایشگاه نانو میزبان محصولات نانویی نظیر ماشین لباس‌شویی، یخچال، رادیاتور و پکیج، بخاری، کولر و آب‌گرم‌کن است. در این محصولات از فناوری نانو استفاده شده که موردتوجه بسیاری از مخاطبان است.

شرکت فناوران نانومقیاس:

به دنبال بهره‌برداری حداکثری از نمایشگاه ایران نانو ۱۴۰۲ هستیم

نادر نادری؛ مدیرعامل شرکت فناوران نانومقیاس از آمادگی این شرکت برای بهره‌برداری حداکثری از نمایشگاه نانو سال جاری خبر داد.

مهندس نادری گفت: «نمایشگاه نانو فرصت مناسبی برای معرفی توانمندی‌ها و دستاوردهای شرکت‌ها است و ما نیز در حال آماده شده برای حضور در این رویداد هستیم. برای این منظور دعوت‌نامه‌های زیادی را آماده کرده‌ایم تا برای گروه‌های موردنظر ارسال کنیم.»

وی از گسترش دامنه فعالیت‌های این شرکت خبر داد و گفت: «تلاش داریم تا دامنه فعالیت‌های شرکت فناوران نانومقیاس را گسترش داده و آن را به حوزه‌هایی نظیر پزشکی وارد کنیم. برای این منظور اقداماتی نیز صورت گرفته و به دنبال ساخت محصولاتی نظیر پانسمان‌های جدید با کمک نانوالیاف هستیم. نمایشگاه ایران نانو ۱۴۰۲ فرصت مناسبی است تا از افراد و شرکت‌های توانمند برای توسعه این محصول کمک بگیریم. ما صاحب پلتفرمی در این حوزه هستیم و می‌توانیم از دانش فنی افراد و گروه‌ها برای کاربرد این پلتفرم در پزشکی استفاده کنیم.»

مدیرعامل شرکت فناوران نانومقیاس افزود: «نمایشگاه نانو فرصت بسیار مناسبی برای معرفی بیشتر و بهتر دستگاه‌های الکتروریسی است و تلاش داریم تا توانمندی‌های خود را به مخاطبان در نمایشگاه معرفی کنیم.»

شرکت دانش‌بنیان فناوران نانومقیاس که در سال ۱۳۸۳ تأسیس شده، به دنبال توسعه فناوری‌های مرتبط با نانوالیاف و کاربردهای آن است. محصولات و خدمات این شرکت، شامل طراحی و تولید دستگاه‌های الکتروریسی در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی با تجهیزات جانبی مختلف (منابع تأمین اختلاف‌پتانسیل بالا و پمپ‌های سرنگی) با تمرکز بر تولید ماسک‌های تنفسی، فیلترهای هوای نیروگاهی، فیلتر روغن و فیلتر هوای کابین و فیلتر هوای سوخت اتومبیل، توری پنجره، کیسه‌های جاروبرقی، ماسک‌های آرایشی بهداشتی صورت، نانوپانسمان‌های پزشکی و سایر محصولات مبتنی بر نانوالیاف است. شرکت فناوران نانومقیاس، یکی از شرکت‌های مطرح در زمینه تجهیزات و محصولات مرتبط با فناوری نانوالیاف در ایران بوده که نقش و اهمیت تجهیزات و محصولات این شرکت در سلامت جامعه به ویژه در دوران کرونا، به‌طور قابل توجهی ملموس بوده است.

افزایش کیفیت پوشش‌دهی هواپیما با نانورنگ‌های ایرانی

استفاده از انواع مختلف رنگ‌ها در قطعات کاربردی هواپیما، این رنگ‌ها را به یکی از محصولات راهبردی در این صنعت بدل کرده است و بهبود کیفیت آن‌ها در ارتقای امنیت و ایمنی سفرها تأثیر مستقیمی دارد.

یکی از کاربردهای مهم انواع رنگ و رزین در پوشش‌دهی بدنه تأسیسات و کابین هواپیماهاست. محصولی که باید خواصی چون مقاومت شیمیایی مناسب، عدم شره شدن، تافنس و استحکام کافی و مقاومت در برابر شوک‌های حرارتی و اشعه فرابنفش را داشته باشد.

شرکت دانش‌بنیان گوهرفام با حمایت ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو توانسته رنگ‌های رویه ضداسکایدرول بهبود یافته توسط مواد نانویی را به سه صورت براق، مات و نیمه‌مات مختلف تولید کند.

از جمله خواص این رنگ‌ها، رئولوژی خوب و مقاومت به شره است که مطابق با استانداردهای نظامی و مسافربری قابل استفاده است. همچنین این رنگ‌ها مقاومت بالایی در برابر مواد شیمیایی مختلف، روغن‌های اسکایدرول هواپیما و پنوماتیک هلیکوپتر، سوخت‌های حمل‌ونقل هوایی و محیط‌هایی که باعث ایجاد خوردگی می‌شوند، دارند. از دیگر خواص این رنگ‌ها مقاومت به تنش دمایی است.

امروزه استفاده از نانوذرات به منظور بهبود ویسکوزیته و عدم شره شدن رنگ اعمالی بر روی بدنه، راهکاری مهم در افزایش کیفیت پوشش‌دهی هواپیماست که این محصول تولید شده همه این خصوصیات را دارد و در حال حاضر بخش اعظمی از صنایع هوایی کشور از این محصول استفاده می‌کنند، به‌گونه‌ای که سهم این شرکت از این بازار از ۱۰ درصد به ۲۵ درصد رسیده است.

رنگ ضداسکایدرول بدنه هواپیمای این مجموعه دانش‌بنیان چسبندگی زیاد به زیرلایه، انعطاف‌پذیری و خواص مکانیکی مناسب، مقاومت شیمیایی زیاد در برابر موادی مانند روغن اسکایدرول و همچنین مقاومت در برابر شره شدن (Sagging) را فراهم کرده است.

بهره‌بردار فناوری نانوحباب‌ساز:

۱۸۰ هزار بوته توت‌فرنگی را با این فناوری کشت داده‌ایم

گلخانه‌داری در شهرک گلخانه‌ای بلداجی از فناوری نانوحباب برای کشت گلخانه‌ای توت‌فرنگی به روش هیدروپونیک استفاده می‌کند. به اعتقاد وی استفاده از فناوری نانوحباب به سلامت بهتر گیاه و افزایش بهره‌وری کمک کرده است.

این گلخانه‌دار می‌گوید: «سال ۱۳۹۹، در گلخانه یکی از همکاران با دستگاه نانوحباب‌ساز آشنا شدیم و در ادامه از طریق صفحه شبکه اجتماعی شرکت نانوفناوری سراج، کارهای این شرکت را دنبال کردیم. در ادامه به مطالعه پیرامون سطح اکسیژن در بستر و میزان اکسیژن و اثرات آن در کار گلخانه پرداختیم.»

مردانی می‌افزاید: «در مورد اثر میزان اکسیژن در بستر به ویژه در کشاورزی هیدروپونیک به نتایج جالبی رسیدیم، اکسیژن موجب رهاسازی مواد در بستر می‌شود، همچنین باعث افزایش سلامت باکتری‌ها در بستر شده و به رشد باکتری‌های بستر کمک می‌نماید. این روند در نهایت منجر به هوادهی بهتر کل بستر می‌شود. تداوم این کار به جذب بهتر مواد مغذی کمک می‌کند و سلامت ریشه را ارتقا می‌دهد.»

وی درباره میزان مساحت زیر کشت با استفاده از فناوری نانوحباب گفت: «ما در این فاز، برای مساحت ۶ هزار مترمربع از دستگاه نانوحباب‌ساز شرکت نانوفناوری سراج استفاده کردیم که چیزی در حدود ۱۸۰ هزار بوته را با این فناوری کشت کردیم. در حال حاضر دو سال از شروع کار با دستگاه این شرکت می‌گذرد.»

ژنراتور نانوحباب‌ساز، محصولی فناورانه است که به منظور غنی‌ساز آب مورد استفاده در کشاورزی با اکسیژن مورد استفاده قرار می‌گیرد. افزایش سطح اکسیژن محلول به صورت نانویی، علاوه بر بهبود عملکرد ریشه گیاه در جذب بهتر و مؤثرتر مواد مغذی، اثر جدی در کاهش قابل‌توجه بیماری‌های قارچی ناحیه ریشه خواهد داشت. هم‌اکنون محصول شرکت نانوفناوری سراج برای تولید انواع محصولات گلخانه‌ای نظیر توت‌فرنگی، خیار، کاهو، گوجه‌فرنگی و انواع گل‌های زینتی در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اکسیر نوین فرآیند آسیا:
در «ایران نانو ۱۴۰۲» از نانوکاتالیست‌های ایرانی بازدید کنید

اکسیر نوین فرآیند آسیا یکی از شرکت‌هایی است که برای حضور در نمایشگاه ایران نانو ۱۴۰۲ ثبت‌نام کرده است. آخرین دستاوردهای این شرکت در حوزه نانوکاتالیست‌های مورد استفاده در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی در نمایشگاه نانو عرضه می‌شود.

سارا خسروانی از مسئولان بخش تحقیق و توسعه اکسیر نوین فرآیند آسیا می‌گوید: «از سال ۱۴۰۰ که گواهی نانومقیاس گرفتیم در نمایشگاه حاضر هستیم. هر چند هلدینگ ما یعنی هلدینگ دانش‌بنیان ایرانی HNT، از سال ۱۳۹۶ در این نمایشگاه حضور دارد. هلدینگ HNT شرکت‌های متعددی دارد که برخی از آن‌ها در حوزه فناوری نانو فعالیت دارند. سال گذشته شرکت اکسیر نوین فرآیند آسیا به ارائه نانوکاتالیست‌ها در غرفه خود پرداخت و شرکت دیگری از هلدینگ ما نانومواد نظیر اکسیدروی و نانولوله کربنی را برای مخاطبان عرضه کرد. استقبال خوبی از نانومواد عرضه شده در نمایشگاه را شاهد بودیم، بیشتر بازدیدکنندگان دانشجویان و شرکت‌های متوسط و کوچک بودند. در غرفه اکسیر نوین فرآیند آسیا شرایط کمی متفاوت بود، از آنجایی که نانوکاتالیست‌ها بیشتر در شرکت‌های بزرگ استفاده می‌شوند، حضور نمایندگان این شرکت‌ها در غرفه اکسیر نوین فرآیند آسیا پررنگ‌تر بود.»

خسروانی درباره محصولات شرکت اکسیر نوین فرآیند آسیا می‌گوید: «با توجه به شرایط تحریمی، استفاده از نانوکاتالیست‌های ایرانی به شدت رو افزایش است. بیشتر پتروشیمی‌ها و پالایشگاه‌ها نظیر پتروشیمی رازی یا پالایشگاه اراک در کشور از محصولات ما استفاده می‌کنند. پتروشیمی ماهشهر در یک سال نزدیک به هزار تُن از یکی از کاتالیست‌های اکسیر نوین فرآیند آسیا را مورد استفاده قرار داده است. کاربرد و بهره‌برداری از این نانوکاتالیست‌ها بسیار کلان است.»

کاتالیست نانوساختار دهیدروژناسیون (NR13)، کاتالیست نانوساختار تصفیه هیدروژنی (HTR222LA)، کاتالیست نانوساختار ایزومریزاسیون (ISOC189) و کاتالیست نانوساختار آروماتیک سازی (AHT25BS2)از جمله محصولات این شرکت بوده که گواهی نانومقیاس دریافت کرده است. مزیت اصلی این محصولات این است که نیاز به واردات کاتالیست‌ها از خارج کشور آن هم در شرایط تحریم و با قیمت گران را رفع کرده است. این محصولات نسبت به نمونه‌های مشابه و نمونه‌های اروپایی و آمریکایی عملکرد بهتری دارند. حتی از لحاظ قیمتی نیز از نمونه‌های خارجی قیمت مناسب‌تر و ارزان‌تری دارند. کاربرد اصلی و کلیدی این کاتالیست‌ها در صنعت نفت و گاز است؛ نفت خام باید در برش‌های مختلف تصفیه شود و یا فرآیندهای مختلفی روی برش‌های مختلف نفتی انجام شود. شرکت اکسیر نوین فرآیند آسیا نیز برای هر فرآیندی، کاتالیست مربوطه آن را تولید کرده است.

دانشگاه همدان:
افزایش بهره‌وری در فرایند احیای الکتروکاتالیستی گاز دی‌اکسید کربن

رشد مداوم فعالیت‌های صنعتی منجر به جهش شدیدی در انتشار گاز دی‌اکسید کربن شده است که یکی از نتایج آن پدیده گرم شدن کره زمین است. تلاش بسیاری توسط محققان برای توسعه روش‌های ارزان‌قیمت برای احیا و تبدیل دی‌اکسید کربن موجود در جو به مواد شیمیایی با ارزش در حال انجام است.

احیای الکتروکاتالیستی دی‌اکسید کربن در حال حاضر محدودیت‌ها و چالش‌های بسیاری دارد که کاربرد صنعتی آن را غیرممکن کرده است. یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها پایداری ترمودینامیکی و سینتیکی مولکول‌های دی‌اکسید کربن است. برای غلبه بر این محدودیت، نیاز به ولتاژ اضافی در کاتد جهت انجام فرایند احیا است.

پژوهشگران دانشگاه بوعلی سینای همدان توانستند گام مهمی در راستای افزایش بهره‌وری و بهبود فرایندهای احیای الکتروکاتالیستی دی‌اکسید کربن بردارند. یکی از انواع احیای الکتروکاتالیستی دی‌اکسیدکربن، احیای الکتروشیمیایی هم‌زمان با فرایندهای الکترو اکسیداسیون فاضلاب است. در این روش از سلول‌های نوع H استفاده می‌شود. در این پروژه، مینرالیزاسیون الکتروکاتالیستی در آند و احیای دی‌اکسید کربن و تبدیل آن به متانول و اسید فرمیک روی کاتد و درون یک محیط آبی انجام می‌شود. جنس آند به گونه‌ای است که دارای نسبت سطح به حجم بالا، تخریب الکتروکاتالیستی با کارایی بالا و دوره عمر بسیار طولانی است. نتایج تجربی بیانگر بهره‌وری بالا در حذف اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD) و مصرف انرژی بسیار پایین است.

پژوهشگران دانشگاه بوعلی سینای همدان با آزمایشات خود نشان دادند که در احیای الکتروکاتالیستی دی‌اکسید کربن، استفاده از پودر مس می‌تواند فرایند اکسیداسیون و احیا را بهبود بخشد. همچنین آن‌ها با استفاده از الکترودهای آند از جنس اکسید سرب با ساختار ویژه توانستند فعالیت الکتروکاتالیستی بالایی به دست آورند. آن‌ها با ایجاد تغییراتی در واکنش‌های شیمیایی سلول، موجب کاهش مصرف انرژی در آن شدند. آن‌ها واکنش تخریب رنگدانه در فاضلاب را جایگزین واکنش تکامل اکسیژن (OER) کردند و موجب بهبود عملکرد الکترودهای کاتد و آند شدند. این پژوهش به سرپرستی دکتر عباس افخمی عقدا؛ عضو هیئت‌علمی گروه شیمی تجزیه دانشگاه بوعلی سینای همدان انجام شده که در ماه جولای در مجله Applied Catalysis B با ضریب تأثیر ۲۲ به چاپ رسیده است.

دانشگاه صنعتی شریف:

راهکاری برای رفع چالش تخریب آندهای نسل جدید نانوساختار سیلیکونی در باتری‌های لیتیومی

عضو هیئت‌علمی دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف با همکاری گروه تحقیقاتی از دانشگاه شانگهای چین موفق به ارائه راهکاری جدید و معرفی ساختار هیبریدی نانولوله کربن و نانوذرات سیلیکون به‌عنوان آند باتری لیتیومی شده است.

دکتر علی اسفندیار؛ دانشیار دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف با همکاری گروهی از پژوهشگران بین‌المللی به‌صورت آزمایشگاهی و شبیه‌سازی عددی نشان دادند که طراحی گروه‌های عاملی مناسب روی نانولوله کربنی می‌تواند به تماس بهتر آن با سطح نانوذره سیلیکون بینجامد.

علی‌رغم ظرفیت بسیار بالای ذخیره یون لیتیوم در ساختار اتمی سیلیکون به‌عنوان جایگزین آند گرافیتی متداول، تغییر حجم زیاد و برگشت‌ناپذیر آندهای جدید سیلیکونی در باتری‌های یون لیتومی معمولاً منجر به شکستگی فیزیکی ذره شده که موجب قطع ارتباط عامل رسانا و بستر فلزی می‌شود. این پدیده ناخواسته منجر به توزیع بار غیریکنواخت در سطوح سیلیکون در شرایط شارژ سریع یا دمای پایین و در نهایت کاهش ظرفیت باتری می‌شود. بنابراین انبساط پایدار و برگشت‌پذیر سیلیکون در حالت ذخیره یون لیتیوم با ثبات مکانیکی خوب برای تحمل تغییر حجم زیاد سیلیکون و حفظ استحکام و خاصیت چسبندگی مواد چالشی بزرگ است.

در این پژوهش فصل مشترک بین نانوذره سیلیکون و نانولوله کربن با ساختاری شبیه به زیپ مولکولی طراحی و سنتز شد. این فصل مشترک می‌بایست هم از نظر مکانیکی و هم برای حمل‌ونقل سریع یون‌ها و الکترون‌ها مناسب باشد. در این پژوهش نشان داده شد که با انتخاب مناسب ماده پلیمری و گروه‌های عاملی، پایداری طولانی‌مدت چرخه‌ای در دمای اتاق و حتی دمای انجماد برای باتری ساخته شده حاصل می‌شود. نتایج شبیه‌سازی المان محدود نیز تأیید می‌کند که فصل مشترک طراحی شده، موجب توزیع یکنواخت‌تر یون لیتیوم و تنش مکانیکی حاصل از انبساط سیلیکون خواهد شد. مدل تماس خطی معرفی شده می‌تواند تنش ناشی از تغییر شکل را در طول ذخیره و یا تخلیه سریع یون لیتیوم به حداقل برساند.

این رویکرد یک راهبرد مؤثر برای نسل بعدی باتری یونی به‌منظور داشتن هم‌زمان ظرفیت قابل توجه، نرخ شارژ و تخلیه سریع و طول عمر طولانی‌تر در محدوده آب و هوایی گسترده است. نتایج آزمایشات و مطالعات این پژوهش در قالب مقاله‌ای در مجله معتبر Energy Storage Materials با ضریب تأثیر ۲۱ به چاپ رسیده است.

رصد اثرگذاری فناوری نانو در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی

تهیه‌کننده داود قرایلو

بسته‌بندی آخرین مرحله در فرآوری مواد غذایی است، زیرا تأثیر زیادی بر عمر نگهداری محصول غذایی دارد. هدف اصلی بسته‌بندی محافظت از مواد غذایی در برابر خطرات محیط خارجی است. بسته‌بندی اصولی، نه‌تنها کیفیت محصول غذایی را حفظ می‌کند، بلکه اطلاعاتی در مورد مواد تشکیل‌دهنده و کمک به توزیع و بازاریابی محصول به مصرف‌کننده نهایی ارائه می‌دهد. مهم‌ترین نقش بسته‌بندی حفظ کیفیت غذای بسته‌بندی شده است، زیرا حفظ کیفیت محصول غذایی مهم‌ترین مسئله در کل زنجیره تأمین است. در چند سال اخیر روش‌های جدیدی همچون بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده[1]، پوشش خوراکی، بسته‌بندی ضدمیکروبی و بسته‌بندی آنتی‌اکسیدانی توسعه یافته است که معمولاً به دو دسته بسته‌بندی فعال و غیرفعال تقسیم‌بندی می‌شوند. این روش‌ها نقش به‌سزایی در افزایش عمر انبارداری و حفظ کیفیت انواع محصولات غذایی تازه و فرآوری شده برای رفع نیاز مصرف‌کنندگان دارند. بسته‌بندی‌های رایج امروزه می‌توانند با محافظت از مواد غذایی، عمر نگهداری محصول غذایی را افزایش دهند، اما توانایی اطلاع‌رسانی به کاربران را از نظر افت کیفیت، نوسانات دما، تغییر غلظت گاز و رشد میکروارگانیسم‌ها در داخل محیط بسته‌بندی ندارند.

بخش‌های مختلف صنعت بسته‌بندی مواد غذایی را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت:

۱) ظروف نگهداری و فیلم‌های بسته‌بندی
۲) بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند
۳) جاذب‌ها

فناوری نانو در هر یک از این بخش‌ها می‌تواند نقش به‌سزایی داشته باشد و در حال حاضر شرکت‌های مختلفی نیز از فناوری نانو برای بهبود بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرده‌اند. در ادامه این گزارش به بررسی پلتفرم‌ها و روش‌هایی پرداخته می‌شود که از طریق آن فناوری نانو به بهبود صنعت بسته‌بندی کمک می‌کند.

ظروف نگهداری و فیلم‌های بسته‌بندی

نانوکامپوزیت‌های پلیمری

نانوکامپوزیت‌های پلیمری که در آن‌ها نانوذرات در سراسر یک ماتریس پلیمری پراکنده می‌شوند دارای ویژگی‌های بهبود یافته‌ای مانند استحکام بالا، ویژگی‌های ممانعت در برابر ورود گازها و پایداری حرارتی هستند. از این مواد می‌توان در بسته‌بندی مواد غذایی برای افزایش ماندگاری و محافظت در برابر آلودگی استفاده کرد. از جمله مهم‌ترین پرکننده‌های نانویی (فیلرها) و نانوتقویت‌کننده‌ها می‌توان به مونتموریلونیت رسی[۲] و نانوپلاکت‌های کائولینیت و سیلیکات (لایه‌های دوبعدی با ضخامت ۱ نانومتر و طول چند میکرون)، نانوذرات سیلیس، نانولوله‌های کربنی، نانوورق‌های گرافنی، اکسید نقره، اکسیدهای مس، نانوبلورهای نشاسته، نانوالیاف سلولزی، کیتوزان و کیتین اشاره کرد. [۱]

در ادامه به جزئیات عملکرد انواع نانوکامپوزیت‌های صنعتی در بخش بسته‌بندی پرداخته شده است.

حذف اکسیژن

نانوکامپوزیت‌ها را می‌توان به عنوان جاذب اکسیژن در بسته‌بندی‌ها استفاده کرد تا با جلوگیری از اکسیداسیون، ماندگاری محصولات غذایی را افزایش دهد. برای مثال نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس (کلی) در بطری‌های پلی‌اتیلن ترفتالات به حفظ تازگی نوشیدنی‌های بسته‌بندی شده کمک می‌کند. از نمونه محصولات تجاری حذف اکسیژن می‌توان به دو محصول از شرکت‌های مولتیسورب تکنولوژی[۳] و شرکت کلارینت[۴] اشاره کرد.

شرکت مولتیسورب تکنولوژی محصولاتی با نام تجاری FreshMax تولید می‌کند. این فناوری در حوزه مواد بسته‌بندی با نانوکامپوزیت مهارکننده اکسیژن بوده که برای محصولات غذایی مانند گوشت، پنیر و محصولات پخته شده استفاده می‌شود. [۲]

شرکت کلارینت یکی از شرکت‌های فعال در حوزه مواد شیمیایی است که نانوکامپوزیت های مهارکننده اکسیژن را برای استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی از جمله بطری‌های PET و فیلم‌های چند لایه تولید می‌کند. فناوری آن‌ها برای کمک به افزایش ماندگاری محصولات غذایی و کاهش ضایعات طراحی شده است. [۳]

سد گاز

نانوکامپوزیت‌های پلیمری می‌توانند برای بهبود خواص ممانعت در برابر گازها در مواد بسته‌بندی مانند فیلم‌ها و پوشش‌ها استفاده شوند. این موضوع می‌تواند به جلوگیری از نفوذ گازهایی مانند اکسیژن، نیتروژن و دی‌اکسید کربن که منجر به کاهش کیفیت محصولات بسته‌بندی شده می‌شوند، کمک کند. از انواع نانوساختارهای مورد استفاده برای سد گاز می‌توان به رس، اکسید فلزات، گرافن و نانولوله‌های کربنی اشاره کرد که جزئیات بیشتری از آن‌ها در ادامه معرفی شده است.

شکل ۱- نمونه بسته‌بندی شرکت فرشمکس با قابلیت جذب اکسیژن

نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر خاک رس: این نانوکامپوزیت‌ها برای بهبود خواص پلیمرهایی مانند پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن استفاده می‌شود. ذرات خاک رس به عنوان یک مانع در برابر گازها و بخار آب عمل می‌کنند و در نتیجه ماندگاری طولانی‌تری برای محصولات بسته‌بندی شده دارند.

نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر اکسید فلزات: اکسیدهای فلزی مانند دی‌اکسید تیتانیوم و اکسیدروی دارای خواص فوتوکاتالیستی هستند که می‌توان از آن‌ها برای بهبود خواص ضدمیکروبی مواد بسته‌بندی استفاده کرد. این اکسیدهای فلزی را می‌توان در ماتریس‌های پلیمری برای ایجاد نانوکامپوزیت‌هایی با خاصیت سد گاز و ضدمیکروبی افزایش داد.

نانوکامپوزیت های مبتنی بر گرافن: گرافن در بخش بسته‌بندی دارای خواص بازدارندگی عالی است. نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر گرافن برای ایجاد لایه‌های مانع گاز برای بسته‌بندی مواد غذایی استفاده شده‌اند. [۴]

نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر نانولوله‌های کربنی: نانولوله‌های کربنی خواص مکانیکی و الکتریکی بسیار خوبی دارند و برای استفاده در بسته‌بندی ایده‌آل هستند. نانوکامپوزیت‌های مبتنی بر نانولوله‌های کربنی می‌توانند برای ایجاد لایه‌های مانع گاز و رسانا برای بسته‌بندی استفاده شوند. [۵]

نانوالیاف کربنی: نانوالیاف می‌توانند در لایه‌های پلیمری گنجانده شوند تا خواص سد گازی بسته‌بندی‌ها را افزایش دهند. این مسیر پرپیچ‌وخم ایجاد شده توسط نانوالیاف به کاهش نفوذپذیری گازهایی مانند اکسیژن و رطوبت کمک می‌کند و در نتیجه ماندگاری مواد غذایی بسته‌بندی شده را افزایش می‌دهد. نانوالیاف را می‌توان به عنوان پوشش روی سطح داخلی مواد بسته‌بندی مواد غذایی برای ایجاد یک لایه مانع گاز اعمال کرد. این پوشش‌ها را می‌توان از موادی مانند گرافن، نانولوله‌های کربنی یا پلیمرهای نانومقیاس به دست آورد. لایه نازک نانوالیاف به عنوان یک مانع عمل می‌کند و از ورود گازها جلوگیری می‌کند و طراوت غذا را حفظ می‌کند [۶]

شرکت وریدران[۵] از ترکیبات ایمپرنی[۶] در ساخت بطری‌های پلاستیکی نوشیدنی‌ها استفاده کرده است. ایمپرن نوعی پلاستیک است که با نانوذرات خاک رس آمیخته و پلاستیک‌هایی به سختی شیشه ولی محکم‌تر را به‌وجود آورده است که نسبت به شیشه شکنندگی کمتری دارند. لایه نانوذرات به‌گونه‌ای طراحی شده که از فرار مولکول‌های دی‌اکسید کربن از نوشیدنی و نفوذ مولکول‌های اکسیژن به درون آن جلوگیری کرده در نتیجه باعث حفظ تازگی و افزایش زمان ماندگاری محصول می‌شود.

یکی دیگر از شرکت‌های فعال در این زمینه نانوکر[۷] است. این شرکت آمریکایی مهم‌ترین تولیدکننده نانوکامپوزیت‌های پلاستیکی است. این پلاستیک‌ها ویژگی‌های خاصی از جمله ایجاد مانع بهتر برای جریان اکسیژن و دی‌اکسیدکربن دارد که منجر به افزایش زمان نگهداری محصولات نانوکامپوزیت پلاستیک مقاوم می‌شود. همچنین این پلاستیک‌ها از پخش بو جلوگیری کرده، مانع جذب طعم یا ویتامین‌های موجود در غذا به‌وسیله بسته‌بندی می‌شوند. به‌طورکلی طراحی مولکولی این پلاستیک‌ها به‌گونه‌ای است که مقاومت محصولات در برابر آتش و ثبات ساختار آن‌ها را در برابر حرارت بهبود می‌بخشد. به عنوان مثال این مواد در سبدهایی برای جوشاندن مواد غذایی و بسته‌بندی‌هایی برای استفاده در مایکروویو کاربرد دارند. نانوکامپوزیت‌های پلاستیکی در بسته‌بندی‌های جدید مواد غذایی نیز قابل استفاده هستند.

شرکت کرافت فود[۸] فیلم‌های بسته‌بندی آلاییده به نانوذرات تولید می‌کند که حسگر هوشمندی موسوم به زبان الکترونیکی در آن‌ها تعبیه شده که می‌توانند میزان بسیار کم پاتوژن‌ها را تشخیص داده و تغییر رنگی را در بسته‌بندی ایجاد نمایند تا مصرف‌کنندگان را از فساد مواد غذایی داخل بسته آگاه کنند.

شرکت کداک[۹] از بسته‌بندی‌های هوشمندی استفاده می‌کند که اکسیژن را در محفظه بسته‌بندی برای حفظ کیفیت و تازگی غذا جذب می‌کند. شرکت کرافت از بسته‌بندی‌هایی حاوی نانوحسگرهای تانگوالکترونیک[۱۰] استفاده می‌کند که حد تشخیص در حد یک در تریلیون (PPT) دارد و مصرف‌کننده را از تغییرات رنگ و شروع فاسد شدن بلافاصله آگاه می‌کند.

ضدمیکروبی

نانوکامپوزیت‌ها می‌توانند دارای خواص ضدمیکروبی باشند و از مواد غذایی بسته‌بندی شده در برابر فساد ناشی از باکتری‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها محافظت کنند. از انواع نانوساختارهای مورد استفاده برای خاصیت ضدمیکروبی می‌توان به نانوذرات نقره، تیتانیا، اکسیدروی و کیتوزان اشاره کرد که جزئیات بیشتری از آن‌ها در ادامه معرفی شده است.

نانوذرات نقره: نانوذرات نقره دارای خواص ضدمیکروبی قوی هستند که آن‌ها را به گزینه‌ای مؤثر برای بسته‌بندی مواد غذایی تبدیل می‌کند. این نانوذرات با رهایش یون نقره می‌توانند باکتری‌ها و قارچ‌ها را از بین ببرند.

نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم: دی‌اکسید تیتانیوم یکی دیگر از نانومواد محبوب مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی است. این ماده با تولید گونه‌های اکسیژن فعال عمل می‌کند که می‌تواند به سلول‌های باکتریایی آسیب برساند و از رشد آن‌ها جلوگیری کند.

نانوذرات اکسید روی: نانوذرات اکسید روی نیز معمولاً در بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شود. آن‌ها دارای خواص ضدمیکروبی قوی هستند و می‌توانند به جلوگیری از رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها کمک کنند.

نانوذرات کیتوسان: کیتوسان یک پلیمر طبیعی مشتق شده از کیتین است که در پوسته سخت‌پوستان یافت می‌شود. این نانوذرات دارای خواص ضدمیکروبی قوی هستند و می‌توان از آن‌ها در بسته‌بندی مواد غذایی برای جلوگیری از رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها استفاده کرد. [۷]

ظروف جدید تولیدشده در شرکت شارپر ایمیج[۱۱] در آمریکا، دارای نانوذرات نقره با خاصیت ضدباکتری است. به ادعای این شرکت ظروف تولیدی آن‌ها مواد غذایی را ۳ تا ۴ برابر تازه‌تر نسبت به حالت معمولی نگه می‌دارد. این ظروف قادر هستند میوه‌ها، سبزیجات، داروها، نان، پنیر، سوپ، سس و گوشت را در طولانی‌مدت بدون تغییر رنگ، مزه و خواص غذایی‌شان نگهداری کنند.

استحکام مکانیکی

نانوکامپوزیت‌ها را می‌توان برای بهبود استحکام مکانیکی

مواد بسته‌بندی استفاده کرد و آن‌ها را بادوام‌تر و در برابر آسیب در حین حمل‌ونقل و جابه‌جایی مقاوم‌تر کرد. به عنوان مثال، نانوکامپوزیت های مبتنی بر گرافن را می‌توان برای ساخت مواد بسته‌بندی قوی‌تر و انعطاف‌پذیرتر استفاده کرد.

نانوکر یکی از شرکت‌های تابع شرکت آمکور[۱۲] است که تأمین‌کننده نانورس و کامپوزیت‌های پلیمری به منظور استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی است. این شرکت محصولاتی نظیر nanoMax را تولید و به بازار عرضه می‌کند. این محصول به دلیل بهره‌مندی از خواص نانوکامپوزیتی رس، هم مقاومت در برابر ضربه در آن بهبود یافته و هم در برابر شعله خواص کندسوزی دارد.

محافظت در برابر اشعه ماوراءبنفش

نانوکامپوزیت‌ها می‌توانند برای محافظت در برابر اشعه ماوراءبنفش برای مواد بسته‌بندی استفاده شوند و به حفظ رنگ و یکپارچگی محصولات بسته‌بندی شده کمک کنند. برای این منظور می‌توان نانوذرات اکسید روی یا دی‌اکسید تیتانیوم را به مواد بسته‌بندی اضافه کرد. همچنین برخی از ترکیبات زیست پلیمری نیز دارای خواص محافظت در برابر اشعه ماوراءبنفش هستند. [۸]

نانوپوشش‌های محافظ

نانوپوشش‌ها را می‌توان روی مواد بسته‌بندی با ضخامت بسیار نازک تنها در حد چند نانومتر یا حتی کمتر اعمال کرد. آن‌ها می‌توانند از طیف وسیعی از مواد از جمله فلزات، اکسیدها و پلیمرها ساخته شوند. این پوشش‌ها می‌توانند با کاهش نفوذپذیری گازهایی مانند اکسیژن و بخارآب، خواص بازدارنده مواد بسته‌بندی را بهبود بخشند که می‌تواند به افزایش ماندگاری محصولات بسته‌بندی شده کمک کند. از نقطه نظر عملکردی، نانوپوشش‌ها نیز مانند نانوکامپوزیت‌ها بوده و عملکردهایی نظیر حذف اکسیژن، ایجاد سد گازی، ایجاد خواص آنتی‌باکتریال، استحکام مکانیکی و محافظت در برابر اشعه ماوراءبنفش را برای محصولات به ارمغان بیاورند. در نتیجه از نظر پلتفرمی این بخش با بخش نانوکامپوزیت‌ها مشابهت زیادی دارد.

برای مثال پوشش‌های نانوسلولزی را می‌توان بر روی بسته‌بندی‌های کاغذی یا پلاستیکی اعمال کرد تا یک مانع قوی در برابر گازها و مایعات ایجاد کند. پوشش‌های اکسید گرافن می‌توانند روی لایه‌های مختلف از جمله پلاستیک و فلز اعمال شود و محافظت عالی در برابر نفوذ آب و گاز ایجاد کند. پوشش‌های اکسید فلزی در مقیاس نانو مانند دی‌اکسید تیتانیوم و اکسید روی را می‌توان بر روی مواد بسته‌بندی مواد غذایی اعمال کرد تا مانعی در برابر اشعه ماوراءبنفش و اکسیژن ایجاد کند. این پوشش‌ها همچنین دارای خواص ضدمیکروبی هستند که می‌توانند به افزایش ماندگاری محصولات غذایی کمک کند. علاوه براین، می‌توان از فیلم‌های چند لایه فوق نازک نیز استفاده کرد. در این فیلم‌ها از لایه‌های متناوبی از مواد مختلف استفاده می‌شود که هر کدام خواص خاص خود را دارند. به عنوان مثال، یک فیلم چند لایه ممکن است از لایه‌های نایلون، پلی‌اتیلن و آلومینیوم تشکیل شده باشد که مانع عالی در برابر اکسیژن و رطوبت باشد. [۹]

با استفاده از الکتروریسی می‌توان نانوالیاف را از مواد مختلف از جمله پلیمرهای زیستی تولید کرد. از الیاف می‌توان به عنوان یک پلتفرم در بسته‌بندی مواد غذایی برای ایجاد ویژگی‌های مختلف نظیر مانع در برابر رطوبت، اکسیژن و سایر گازها و همچنین برای بهبود خواص مکانیکی استفاده کرد.

شرکت آمریکایی هانیول[۱۳] از بطری‌های ۶ لایه نانوکلی[۱۴] برای بسته‌بندی عسل سود می‌برد و آن را با نام ایجیز[۱۵] به بازار عرضه می‌کنند.

شرکت آمریکایی تریران سیستم[۱۶] در حیطه‌های نظامی با دولت‌های مختلف و ناسا همکاری دارد. این شرکت با تولید بسته‌بندی‌های چند لایه از نانوکلی برای افزایش ماندگاری محصول استفاده می‌کند.

بازیافت ظروف نگهداری و فیلم‌های بسته‌بندی

مواد نانوکامپوزیت: از فناوری نانو می‌توان برای ایجاد مواد نانوکامپوزیت برای ظروف نگهداری مواد غذایی استفاده کرد. با ترکیب نانوذراتی مانند خاک رس، نانولوله‌های کربنی یا گرافن در ماتریس پلیمری، نانوکامپوزیت‌های به‌دست‌آمده استحکام مکانیکی، خواص مانع و پایداری حرارتی بهتری را نشان می‌دهند. این پیشرفت‌ها ظروف را بادوام‌تر و برای بازیافت مناسب‌تر می‌کند.

جداسازی آسان: نانوذرات را می‌توان طوری مهندسی کرد که خواصی داشته باشند که به جداسازی و مرتب‌سازی آسان در طول فرآیند بازیافت کمک کند. به عنوان مثال، نانومواد با امضاهای منحصربه‌فرد مغناطیسی، فلورسنت یا نوری را می‌توان به ظروف نگهداری مواد غذایی اضافه کرد. این نانوذرات می‌توانند به عنوان نشانگر عمل کنند و سیستم‌های جداسازی و مرتب‌سازی خودکار را برای شناسایی و دسته‌بندی دقیق ظروف ممکن می‌سازند.

اصلاح سطح: نانوپوشش‌ها را می‌توان بر روی سطوح ظروف نگهداری مواد غذایی اعمال کرد تا قابلیت بازیافت آن‌ها را افزایش دهد. با اصلاح ویژگی‌های سطحی با استفاده از فناوری نانو، می‌توان چسبندگی بین مواد ظرف و بقایای مواد غذایی را کاهش داد و تمیز کردن و حذف آلودگی‌ها را آسان‌تر کرد. این به‌نوبه خود، کارایی فرآیند بازیافت را بهبود می‌بخشد.

نانومواد تجزیه‌پذیر: فناوری نانو می‌تواند به توسعه نانومواد تجزیه‌پذیر برای ظروف نگهداری مواد غذایی کمک کند. به عنوان مثال، محققان در حال کاوش در نانوکامپوزیت‌های زیست‌تخریب‌پذیر هستند که از پلیمرهای طبیعی یا نانوذرات مبتنی بر مواد زیستی ساخته شده‌اند. این مواد می‌توانند در طول بازیافت با سهولت بیشتری تجزیه شوند و اثرات محیط‌زیستی را کاهش دهند و تولید ظروف جدید را تسهیل کنند.

بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند

بسته‌بندی‌های فعال

مواد بسته‌بندی فعال حاوی عوامل فعالی هستند که می‌توانند با محصول بسته‌بندی شده برای افزایش کیفیت یا ایمنی آن تعامل داشته باشند. از نانوذرات می‌توان برای محصور کردن عوامل فعال مانند مواد جاذب اکسیژن یا عوامل ضدمیکروبی استفاده و به‌مرورزمان برای حفظ تازگی محصول آزاد کرد. چارچوب‌های آلی فلزی، انواع آلوتروپ‌های کربن، نانوساختارهای اکسید فلزی، لیزوزوم و کیتوسان و انواع ترکیبات آلی را می‌توان به عنوان ماده فعال در بسته‌بندی مواد غذایی به کار برد. [۱۰]

بسته‌بندی‌های هوشمند

از آنجایی که غذاها محصولات ظریفی هستند، هوشیاری مداوم در طول چرخه زندگی آن‌ها ضروری است. کیفیت غذا می‌تواند از نظر میکروبیولوژیکی یا هر پدیده فیزیکی در طول زنجیره تولید تا مصرف تغییر پیدا کند. از این رو باید سیستمی وجود داشته باشد که بتواند از نزدیک محصولات غذایی را از مزرعه تا فرآوری و سپس تا رسیدن به مصرف‌کنندگان نهایی کنترل کند. علاوه بر این مصرف‌کنندگان باید بتوانند به اطلاعات دقیقی از مراحل بسته‌بندی و نگهداری مواد غذایی دسترسی پیدا کنند. این شرایط نیاز به یک رویکرد سیستماتیک دارد که بتواند توانایی بررسی محصولات غذایی را قبل از فرآوری، در طول فرآوری و پس از فرآوری داشته باشد. برای این منظور می‌توان از بسته‌بندی هوشمند برای بررسی کیفیت محصولات غذایی در طول زنجیره تأمین و ارائه اطلاعات لازم به مصرف‌کننده نهایی استفاده کرد.

بسته‌بندی نقش اصلی را در بازاریابی و برندسازی یک محصول غذایی ایفا می‌کند، زیرا بسته‌بندی اولین چیزی است که بر تصمیم مصرف‌کننده برای خرید محصول تأثیر می‌گذارد. بنابراین بخشی جدایی‌ناپذیر در کل فرآیند بازاریابی است که تصویر و نمونه کارها از محصول و حتی کل شرکت را توصیف می‌کند. از این رو بسته‌بندی هوشمند ابزاری عالی برای افزایش فروش محصولات غذایی است. ایجاد ویژگی‌ها و جذابیت‌های چشم‌نواز بر روی بسته‌ها به همراه اطلاعاتی در مورد کیفیت و ایمنی محصول غذایی خاص به مصرف‌کنندگان کمک می‌کند تا تصمیمات هوشمندانه‌تری بگیرند.

بسته‌بندی‌های هوشمند حاوی نانوحسگرهایی هستند که می‌توان آن‌ها را در مواد بسته‌بندی ادغام کرد تا تغییرات دما، رطوبت یا ترکیب گاز را تشخیص دهد. این حسگرها می‌توانند اطلاعات لحظه‌ای در مورد وضعیت محصول بسته‌بندی شده ارائه دهند و به اطمینان از ایمنی و کیفیت آن کمک کنند. از انواع حسگرهای مورد استفاده در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی می‌توان به حسگرهای گاز، زیستی، دما، زمان، pH و رطوبت اشاره کرد که جزئیات بیشتری از آن‌ها در ادامه معرفی شده است.

حسگرهای گاز

از نانوحسگرها می‌توان برای تشخیص و نظارت بر گازهای منتشر شده توسط محصولات غذایی مانند گاز اتیلن آزاد شده توسط میوه‌ها در هنگام رسیدن یا فساد استفاده کرد. این حسگرها می‌توانند اطلاعاتی را در زمان واقعی در مورد تازگی و کیفیت غذای بسته‌بندی شده ارائه دهند [۱۱]. نانوذرات، نانوسیم، نانوسوزن،

نانوورق، نانولوله، نانومیله و نانوکمربند، نانولوله کربنی اصلاح شده و نانوذرات طلا برای حسگرهای بسته‌بندی مواد غذایی به کار گرفته شده‌اند [۱۲].

حسگرهای زیستی

این حسگرها می‌توانند شاخص‌های بیولوژیکی خاصی مانند پاتوژن‌ها، آلرژن‌ها یا سمومی را که ممکن است غذا را آلوده کنند، شناسایی کنند. آن‌ها می‌توانند در تضمین ایمنی مواد غذایی و ارائه علائم هشداردهنده اولیه مشکلات احتمالی کمک کنند. برخی نانوزیست‌حسگرها می‌توانند حساسیت ۲۵۰ برابر بیشتر از حسگرهای رایج در بسته‌بندی مواد غذایی را داشته باشند. حسگر دارای میکرونوسانگر، ابزار جدیدی برای طیف‌سنجی جذب نوری‌گرمایی تک مولکولی بوده که همانند یک دماسنج میکرومقیاس عمل کرده و می‌تواند گرمای پخش شده در محل موردنظر را تشخیص دهد [۱۳]. زیست‌حسگری نیز ساخته شده که می‌تواند با رصد هیستامین در بسته‌بندی، سلامت و ایمنی مواد غذایی به‌ویژه گوشت و ماهی را مشخص کند. این حسگر با استفاده از فناوری چاپ روی سطح یک فیلم پلیمری انعطاف‌پذیر چاپ می‌شود. برای تشخیص از گرافن و آنتی‌بادی استفاده شده است. آنتی‌بادی‌هایی که قابلیت به دام‌اندازی هیستامین را دارند، روی سطح گرافن قرار داده می‌شوند. با اتصال شیمیایی آنتی‌بادی روی گرافن، این ساختار می‌تواند هیستامین را به دام اندازد. بعد از گیر افتادن هیستامین مسیر حرکت الکترون مسدود شده و مقاومت الکتریکی بالا می‌رود که با اندازه‌گیری میزان تغییر مقاومت می‌توان وجود هیستامین را تشخیص داد. البته این حسگر تنها برای ایمنی غذایی ماهی نیست، باکتری‌ها در مواد غذایی هیستامین تولید می‌کنند بنابراین این حسگر می‌تواند برای بررسی سلامت غذاهایی که طولانی‌مدت مانده‌اند، استفاده شود [۱۴].

حسگرهای دما

حسگرهای دمایی مبتنی بر نانومواد را می‌توان در بسته‌بندی تعبیه کرد تا تغییرات دما را نظارت و نشان دهد. این حسگرها می‌توانند اطلاعاتی در مورد سوءاستفاده از دما در طول حمل‌ونقل یا ذخیره‌سازی ارائه دهند و به حفظ کیفیت و ایمنی غذا کمک کنند. فریزرها و کامیون‌های یخچال‌دار به‌طورکلی دمای تعیین شده خود را حفظ می‌کنند، اما اشکال همیشه می‌تواند اتفاق بیافتد. حسگرهای بی‌سیم می‌توانند دمای محصولات را به صورت تک‌به‌تک کنترل کنند، اما این دستگاه‌ها زباله‌های الکترونیکی زیادی تولید می‌کنند. به‌تازگی برچسب گرمایی ساخته شده که روی در شیشه محصول غذایی قرار می‌گیرد. در صورتی که این محصول در دمای مناسبی نگهداری نشده باشد، این برچسب تغییر رنگ داده و قابل تشخیص خواهد بود [۱۵].

نشانگرهای زمان و دما

حسگرهای TTI ها[۱۷] برچسب‌های هوشمندی هستند که با کمک فناوری نانو نظارت و نمایش اثر تجمعی زمان و دما بر روی یک محصول غذایی را انجام می‌دهند. آن‌ها می‌توانند به صورت بصری نشان دهند که آیا غذا برای مدت طولانی در معرض دماهای نامطلوب قرار گرفته است که نشان‌دهنده فساد بالقوه یا از دست دادن کیفیت است. محصول وارم‌مارک[۱۸] یکی از این نشانگرهای دمایی است استفاده در دامنه دماهای مختلف طراحی و تولید شده است [۱۶].

حسگرهای PH

یکی از راه‌های نظارت بر مواد غذایی، بررسی pH آن‌ها است که می‌تواند تجزیه ماده غذایی را نشان دهد. نانومواد را می‌توان در بسته‌بندی مواد غذایی برای ایجاد حسگرهای حساس به pH استفاده کرد. این حسگرها می‌توانند تغییرات سطح pH را که برای انواع خاصی از مواد غذایی مانند نوشیدنی‌ها یا کالاهای فاسدشدنی که مهم هستند، تشخیص دهند. آن‌ها می‌توانند به نظارت بر سطح اسیدیته و تازگی کمک کنند. وقتی ماده غذایی فاقد هرگونه فعالیت میکرواورگانیسمی باشد، ممکن است pH آن در حد خنثی باشد. اما وقتی میکرواورگانیسم‌ها فعال شوند سطح pH تغییر کرده و این نوع حسگرها می‌توانند با پایش اسیدیته محیط از وضعیت فعالیت میکرواورگانیسم‌ها اطلاعاتی ارائه کند. یک حسگر نانویی حاوی نانولوله کربنی ساخته شده است که می‌تواند در بسته‌بندی مواد غذایی قرار داده شود که هنگام فاسد شدن غذا هشدار می‌دهد. این فناوری داده‌هایی ایجاد می‌کند و این داده‌ها، توسط دستگاهی تفسیر شده و به‌صورت گزارشی به مصرف‌کننده داده می‌شوند تا درباره وضعیت آن ماده غذایی اطلاعات مفیدی در دست داشته باشد. اگر سطح pH به حد ناامن برسد، حسگر روی برچسب به مسئولان فروشگاه یا مصرف‌کننده هشدار می‌دهد که غذا برای خوردن ایمن نیست. [۱۷].

حسگرهای رطوبت

حسگرهای رطوبت مبتنی بر فناوری نانو را می‌توان در مواد بسته‌بندی ادغام کرد تا سطوح رطوبت داخل بسته را کنترل کند. این به‌ویژه برای محصولات غذایی حساس به رطوبت که رطوبت

بیش از حد می‌تواند منجر به فساد یا تغییر بافت شود، مفید است. نانومواد متخلخل را می‌توان در بسته‌بندی مواد غذایی جاسازی کرد تا تغییرات در سطوح رطوبت را تشخیص دهد. این مواد دارای منافذ ریز هستند که می‌توانند رطوبت را جذب کنند و باعث تغییراتی در خواص فیزیکی آن‌ها مانند هدایت الکتریکی یا شفافیت نوری شوند. نظارت بر این تغییرات را می‌توان برای تعیین میزان رطوبت داخل بسته‌بندی به کار برد. نانولوله‌های کربنی هنگامی که در معرض رطوبت قرار می‌گیرند، مقاومت الکتریکی آن‌ها تغییر می‌کند. با استفاده از حسگرهای مبتنی بر CNT در مواد بسته‌بندی مواد غذایی، اندازه‌گیری و نظارت بر سطوح رطوبت بر اساس تغییرات مقاومت الکتریکی امکان‌پذیر شد. نقاط کوانتومی را نیز می‌توان بر روی سطح داخلی بسته‌بندی مواد غذایی به عنوان حسگر رطوبت مورد استفاده قرار داد. هنگامی که نقاط کوانتومی در معرض رطوبت قرار می‌گیرند، تغییراتی در انتشار فلورسانس ایجاد می‌کنند. با اندازه‌گیری شدت یا طول‌موج نور ساطع شده می‌توان سطح رطوبت را تعیین کرد. همچنین گرافن را می‌توان به عنوان یک حسگر در بسته‌بندی مواد غذایی ادغام کرد، جایی که هدایت الکتریکی آن در پاسخ به جذب رطوبت تغییر می‌کند. سپس این تغییر در هدایت را می‌توان برای تعیین سطوح رطوبت اندازه‌گیری کرد. حسگرهای مبتنی بر میکروتیرک[19] که می‌توانند در پاسخ به تنش‌های ناشی از رطوبت خم شوند از جمله دیگر گزینه‌ها برای این حوزه هستند. این تیرک‌های کوچک را می‌توان با لایه‌های نازکی از مواد حساس به رطوبت مانند پلیمرها یا نانوذرات پوشاند. هنگامی که رطوبت با پوشش برخورد می‌کند، باعث انحراف تیرک می‌شود که با استفاده از روش‌های نوری یا الکتریکی قابل تشخیص و اندازه‌گیری است.

■ بارکدهای بسته‌بندی

بارکدهای نامرئی یا رمزگذاری شده[20]: از فناوری نانو می‌توان برای ایجاد بارکد نامرئی بر روی بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد. این بارکدها را می‌توان تنها در شرایط نوری خاص یا با استفاده از دستگاه‌های تخصصی قابل مشاهده کرد تا اطمینان حاصل شود که به‌راحتی دست‌کاری یا جعل نمی‌شوند [۱۸].

ذخیره‌سازی داده با چگالی بالا[21]: ساختارهای نانومقیاس مانند نقاط کوانتومی یا نانوسیم‌ها، می‌توانند برای افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی داده بارکدها مورد استفاده قرار گیرند. این امکان گنجاندن اطلاعات اضافی درباره محصول، مانند شماره دسته، تاریخ انقضا یا هشدارهای آلرژی‌زا را در قالب فشرده فراهم می‌کند. [۱۹].

اقدامات ضدجعل[22]: نانومواد را می‌توان در جوهرهای بارکد یا برچسب‌ها گنجاند تا ویژگی‌های ضدجعل ارائه شود. به عنوان مثال، نانوذرات با خواص نوری منحصربه‌فرد را می‌توان در بارکد جاسازی کرد که تکثیر یا جعل آن را دشوار می‌کند [۲۰].

ممانعت از مخدوش شدن[23]: فناوری نانو می‌تواند امکان توسعه برچسب‌های بارکد را فراهم کند که دارای ویژگی‌های مشهود غیرقابل دست‌کاری هستند. این بارکدها با ترکیب نانوساختارها یا موادی که در صورت دست‌کاری رنگ تغییر می‌کنند یا شاخص‌هایی را آزاد می‌کنند، نشانه‌های بصری هرگونه تداخل غیرمجاز را ارائه می‌کنند [۲۱].

بارکدهای هوشمند: نانوحسگرها یا برچسب‌های RFID (شناسایی فرکانس رادیویی) را می‌توان در بارکدها ادغام کرد تا بسته‌بندی هوشمند ایجاد کند. این حسگرها می‌توانند اطلاعات مربوط به دما، رطوبت، یا ترکیب گاز را نظارت و انتقال دهند و داده‌هایی را در زمان واقعی در مورد وضعیت غذای بسته‌بندی شده ارائه دهند [۲۲]

احراز هویت و قابلیت ردیابی[24]: سیستم‌های احراز هویت مبتنی بر فناوری نانو را می‌توان برای تأیید یکپارچگی و منشأ محصولات غذایی به کار برد. نشانگرها یا برچسب‌های نانومقیاس را می‌توان در بارکد تعبیه کرد که امکان شناسایی و ردیابی آسان محصول را در سراسر زنجیره تأمین فراهم می‌کند [۲۳].

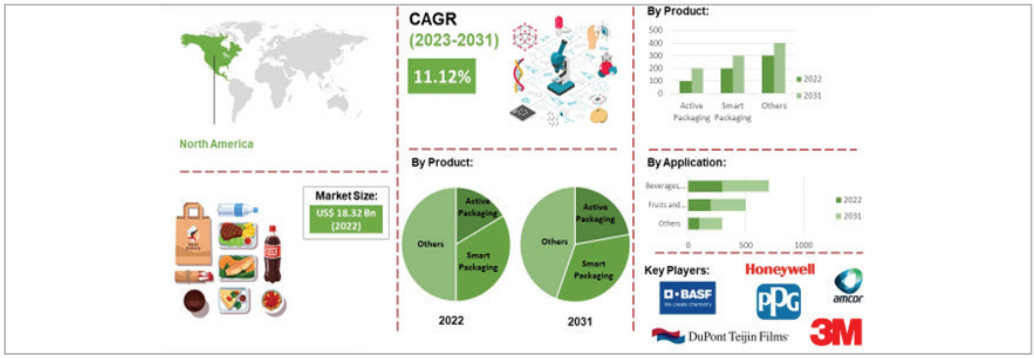
جاذب‌ها

فناوری نانو را می‌توان برای جاذب‌های بسته‌بندی مواد غذایی به کار برد تا عملکرد آن‌ها را افزایش دهد. از نقطه نظر کاربرد در بخش جاذب، فناوری نانو از زوایای مختلفی قابل بررسی است.

افزایش سطح فعال جاذب: فناوری نانو توسعه مواد جاذب با افزایش سطح و تخلخل بیشتر امکان‌پذیر می‌کند که منجر به بهبود ظرفیت جذب می‌شود. نانومواد مانند نانوذرات، نانوالیاف یا پلیمرهای نانوساختار را می‌توان در لایه‌ها یا پوشش‌های جاذب در بسته‌بندی مواد غذایی گنجاند تا رطوبت، روغن یا سایر مایعات آزاد شده توسط محصولات غذایی را به‌طور مؤثر جذب و حفظ کند. [۲۴].

جاذب با قابلیت رهاسازی کنترل شده: نانوذرات یا نانوحامل‌ها را می‌توان برای محصور کردن مواد جاذب یا ترکیبات کاربردی طراحی کرد. این نانوحامل‌ها می‌توانند مواد جذب شده را به شیوه‌ای کنترل شده آزاد کنند، همانند عوامل جذب‌کننده رطوبت یا عوامل ضدمیکروبی تا کیفیت و ایمنی مواد غذایی بسته‌بندی شده را در مدت طولانی حفظ کنند [۲۵].

جذب بو و گاز: نانومواد مانند نانوذرات کربن فعال یا زئولیت‌ها



را می‌توان در بسته‌بندی مواد غذایی برای جذب و حذف بوها یا گازهای ناخواسته که ممکن است بر ویژگی‌های حسی یا تازگی غذای بسته‌بندی شده تأثیر بگذارد، استفاده کرد. این نانومواد سطح بالا و ظرفیت جذب را برای حذف مؤثر بو و گاز فراهم می‌کنند [۲۶].

بازار

اندازه بازار جهانی فناوری نانو برای بسته‌بندی مواد غذایی ۱۸,۳۲ میلیارد در سال ۲۰۲۲ است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۱ با ۱۱,۱۲ درصد رشد ترکیبی سالانه در دوره پیش‌بینی برای ۲۰۳۱-۲۰۲۳ به ۴۶,۵۰ میلیارد برسد. ارزش سرمایه بازار بسته‌بندی‌های هوشمند نیز به ۲۹,۴۵ میلیارد دلار با شاخص رشد ۶,۲ درصد از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۸ خواهد رسید.

در شکل صفحه مقابل جزئیاتی از پیش‌بینی انجام شده برای تغییرات بخش‌های مختلف بازار و همچنین شرکت‌ها مهم این حوزه آمده است.

جمع‌بندی

بسته‌بندی مواد غذایی در چرخه عمر هر محصول غذایی نقش مهم و غیرقابل‌انکاری را دارد. فناوری نانو با اضافه کردن برخی نانومواد به ارتقای کیفیت ظروف نگهداری مواد غذایی کمک شایانی کرده و فیلم‌های بسته‌بندی را نیز ارتقا داده است. بسته‌بندی هوشمند با نانومواد یک فناوری جدید در بخش بسته‌بندی مواد غذایی است که هنوز به ظهور کامل خود در بازار دست نیافته، اما اهمیت آن برای حفظ کیفیت و ایمنی مواد غذایی ثابت شده است. بسته‌بندی هوشمند با استفاده از فناوری نانو می‌تواند کیفیت و ایمنی مواد غذایی را در صنایع غذایی تضمین کند، با این حال هنوز نگرانی‌هایی در مورد این فناوری جدید از جمله هزینه بالا و جنبه‌های قانونی وجود دارد و بنابراین باید کارهای آینده برای غلبه بر این مشکلات برای ترویج بیشتر کاربردهای آن در صنایع غذایی انجام شود. جاذب‌های تقویت‌شده با فناوری نانو توانسته‌اند با کنترل مواد شیمیایی موجود در بسته‌بندی به ماندگاری بهتر مواد غذایی کمک کنند.

پی‌نوشت‌ها

۱- Modified Atmosphere Packaging
۲- MMT
۳- Multisorb Technologies
۴- Clariant
۵- Voridran
۶- Impern
۷- Nanocor
۸- Kraft Foods
۹- Kodak
۱۰- Electronic Tongu
۱۱- Sharper image
۱۲- Amcor
۱۳- Honeywell
۱۴- Nanoclay
۱۵- Agies
۱۶- Triron system
۱۷- Time-temperature indicators
۱۸- WarmMark
۱۹- Microcantilever
۲۰- Invisible or Encrypted Barcodes
۲۱- High-Density Data Storage
۲۲- Anti-Counterfeiting
۲۳- amper-Evident Barcodes
۲۴- Authentication and Traceability

منابع

۱- https://doi.org/10.3390%2Fma11101834

۲- https://www.imedpub.com/articles-pdfs/nanotechniques-used-in-foodindustries-a-mini-review.pdf

۳- https://oa.mg/work/10.1016/s0306-3747(19)30221-0

۴- https://doi.org/10.1002/9783527827718.ch10

۵- https://iopscience.iop.org/article/10.1149/MA2016-02/8/1064

۶- https://doi.org/10.3390%2Fnano10091726

۷- Antimicrobial Properties of Food Nanopackaging: A New Focus on Foodborne Pathogens, Front. Microbiol., 12 July 2021. Sec. Food Microbiology, Volume 12 - 2021 | https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.690706

۸- https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108771

۹- https://doi.org/10.1533/9780857094902.2.203

۱۰- https://doi.org/10.1016/B978-0-323-51271-8.00007-3

۱۱- http://dx.doi.org/10.1155/2016/4046061

۱۲- https://doi.org/10.3390%2Fnano11061515

۱۳- https://www.photonics.com/Articles/Microresonator_Measures_and_Images_Nanoparticles/a65454

۱۴- https://www.graphene-info.com/us-researchers-design-new-graphene-based-printed-sensors-monitor-food-safety

۱۵- https://phys.org/news/2023-05-color-changing-material-medications.html

۱۶- https://spotsee.io/temperature/warmmark?utm_feeditemid=&utm_device=c&utm_term=warmmark%20indicators&utm_source=google&utm_medium=ppc&utm_campaign=Google+Ads+%7C+Branded+Keywords+%7C+Always+On+%7C+WarmMark+%7C+USA&hsa_cam=19764932355&hsa_grp=149447014689&hsa_mt=b&hsa_src=g&hsa_ad=655005809032&hsa_acc=5104608732&hsa_net=adwords&hsa_kw=warmmark%20indicators&hsa_tgt=kwd-300986529538&hsa_ver=3&gclid=Cj0KCQjwt0-kBhDIARIsAL6Lorc1ptxxleziz-pJ993psfuEz4wmoBBGR2eXa9vxDqj-cGJy0_TtXRpAaAkPjEALw_wcB

۱۷- https://www.swissinfo.ch/eng/sci-tech/swiss-scientists-fight-food-waste-at-the-nano-level/46084408

۱۸- Invisible barcode technology based on superparamagnetic nanoparticles for anti-counterfeiting of food packages" by Li et al. (2020). Journal of Food Engineering, 286, 110057

۱۹- Nanoplasmonic Resonators for Barcode Labels with High Information Capacity" by Chen et al. (2017). Nano Letters, 17(9), 5525-5530.

۲۰- Anti-counterfeit measures using nanotechnology" by Sozer & Kokini (2009). Trends in Food Science & Technology, 20(7-8), 328-340.

۲۱- Development of a Low-cost RFID-based Tamper-evident Barcode System for Food Packaging" by Wang et al. (2016). Journal of Food Engineering, 169, 178-186.

۲۲- Smart packaging systems for food applications: a review" by Chaudhry et al. (2018). Journal of Food Science and Technology, 55(10), 3737-3750

۲۳- Nanotechnology-Based Food Authentication Systems: Current Status and Future Perspectives" by Iqbal et al. (2018). Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 17(4), 932-955.

۲۴- Superabsorbent nanocomposite hydrogels for smart food packaging applications" by Guo et al. (2019), Journal of Materials Science, 54(7), 5465-5486

۲۵- Controlled release systems for food packaging applications: Design principles and recent advancements" by Sadeghnejad et al. (2020), Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 19(3), 1527-1556

۲۶- Advanced sorbent nanomaterials for the removal of volatile organic compounds (VOCs) from air" by Zare et al. (2019), Journal of Hazardous Materials, 363, 236-254.

وضعیت دستیابی به اهداف کلان پیشرفت فناوری نانو در ایران

دستیابی به جایگاه مناسب در علم و فناوری نانو در بین کشورهای جهان

جایگاه جهانی ایران در علم و فناوری نانو به‌وسیله سه شاخص کلان «کمیت مقالات فناوری نانو»، «کیفیت مقالات فناوری نانو» و «تعداد اختراعات فناوری نانو» ارزیابی می‌شود. برای ارزیابی جایگاه ایران در علم نانو از پایگاه داده (Web of Science) WoS به‌عنوان منبع آمار و اطلاعات استفاده شده و مقالات پژوهشی مرتبط با فناوری نانو با استفاده از یک عبارت جستجوی معتبر، استخراج و اندازه‌گیری می‌شوند. در حوزه فناوری نیز تعداد اختراعات فناوری نانو در دفاتر ثبت پتنت معتبر جهان از جمله اداره ثبت پتنت آمریکا (USPTO) و اداره ثبت پتنت اروپا (EPO) اندازه‌گیری می‌شوند.

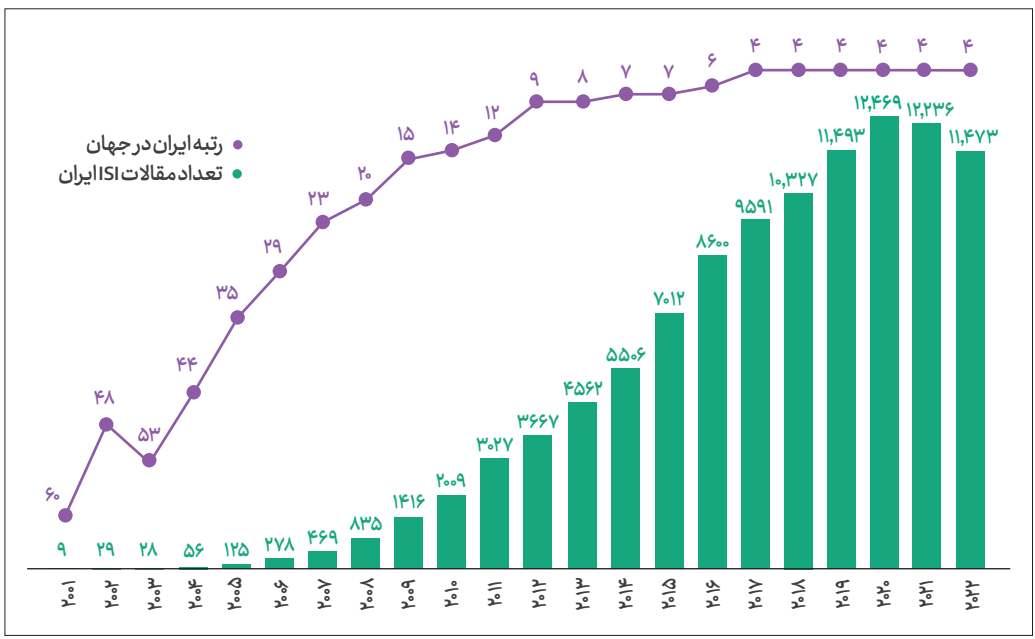
جایگاه جهانی ایران در انتشار مقالات نانو

در سال ۲۰۲۲ میلادی، ۱۱،۴۷۳ مقاله مرتبط با فناوری نانو توسط محققان ایرانی در WoS نمایه شد که معادل ۴/۹ درصد از کل مقالات نانو منتشر شده در سال ۲۰۲۲ است. ایران با این سهم از انتشارات نانو، همانند سال گذشته، در رتبه چهارم جهان قرار گرفت. این جایگاه در حالی به دست آمده که ایران در سال ۲۰۰۰ و قبل از تأسیس ستاد فناوری نانو که تعداد معدودی از محققان و دانشمندان ایرانی با این فناوری نوظهور آشنا بودند با انتشار هشت مقاله نانو در رده پنجاه و هشتم جهان و ششم منطقه خاورمیانه قرار داشت. ایران در سال‌های بعد همواره یک روند صعودی را در انتشار علوم نانو طی کرد. متوسط درصد رشد سالانه مقالات نانو ایران در این ۲۲ سال ۴۶/۹۲ درصد بوده است. تعداد مقالات نانو ایران در سال ۲۰۲۲ سهمی معادل با ۸،۲۵ درصد از کل مقالات علمی منتشر شده ایران در WoS را شامل می‌شود، در حالی که سهم مقالات نانو از کل مقالات جهان در سال ۲۰۲۲ میلادی ۸،۴۸ درصد بوده است. سهم مقالات نانو مشترک ایران با کشورهای دیگر در سال ۲۰۲۱ حدود ۳۲ درصد بود و ۵ کشور چین، آمریکا، ترکیه، عراق و کانادا به ترتیب بیشترین سهم را در انتشار مقالات مشترک با ایران داشتند. همچنین ایران از لحاظ سرانه مقاله نانو به جمعیت، در رتبه هجدهم (سال ۲۰۲۱) و از لحاظ تعداد مقاله به ازای مقدار GDP بر اساس نرخ برابری قدرت پول (PPP)، در رتبه اول جهان (سال ۲۰۲۱) قرار دارد. جدول ۱ رده‌بندی ۲۵ کشور برتر در انتشار مقالات ISI نانو را در سال ۲۰۲۲ نشان می‌دهد. در این جدول کشورهای اسلامی با رنگ آبی مشخص شده‌اند. روند رشد تعداد مقالات و رشد رتبه ایران نیز در نمودار ۱ نمایش داده شده است.

در سال ۲۰۲۲ در بین دانشگاه‌های ایران، دانشگاه تهران با انتشار ۸۲۷ مقاله نانو (۷ درصد) کل مقالات نانو ایران در این

جدول۱- فهرست ۲۵ کشور برتر جهان به همراه برترین کشورهای اسلامی در انتشار مقالات نانو در (سال ۲۰۲۲)

رتبه	کشور	مقالات نانو	سهم مقالات نانو از کل مقالات نانو جهان (٪)
۱	چین	۱۰۸,۴۷۶	۴۶/۳۳
۲	هند	۲۳,۴۶۲	۱۰/۰۲
۳	آمریکا	۲۳,۳۷۰	۹/۹۸
۴	ایران	۱۱,۴۷۳	۴/۹۰
۵	کره جنوبی	۱۱,۲۷۰	۴/۸۱
۶	عربستان سعودی	۹,۶۹۴	۴/۱۴
۷	آلمان	۸,۸۹۰	۳/۸۰
۸	ژاپن	۷,۸۱۶	۳/۳۴
۹	انگلستان	۶,۳۹۱	۲/۷۳
۱۰	روسیه	۶,۳۴۲	۲/۷۱
۱۱	مصر	۶,۲۵۲	۲/۶۷
۱۲	فرانسه	۵,۶۰۲	۲/۳۹
۱۳	پاکستان	۵,۳۶۹	۲/۲۹
۱۴	اسپانیا	۵,۲۴۹	۲/۲۴
۱۵	استرالیا	۵,۲۱۹	۲/۲۳
۱۶	ایتالیا	۵,۱۹۱	۲/۲۲
۱۷	ترکیه	۴,۷۸۳	۲/۰۴
۱۸	کانادا	۴,۴۲۶	۱/۸۹
۱۹	تایوان	۴,۲۸۸	۱/۸۳
۲۰	برزیل	۳,۶۷۱	۱/۵۷
۲۱	لهستان	۳,۲۷۲	۱/۴۰
۲۲	مالزی	۳,۰۷۰	۱/۳۱
۲۳	سنگاپور	۲,۳۶۳	۱/۰۱
۲۴	سوئد	۱,۹۹۹	۰/۸۵
۲۵	سوئیس	۱,۹۹۱	۰/۸۵



نمودار۱- روند رشد انتشار مقالات نانو ایران و رتبه ایران در جهان (۲۰۲۲-۲۰۰۱)

سال در رده اول قرار دارد. پس از آن به‌ترتیب دانشگاه صنعتی امیرکبیر با انتشار ۵۳۹ مقاله نانو (۴/۷ درصد)، دانشگاه تبریز با انتشار ۵۱۹ مقاله نانو (۴/۵ درصد)، دانشگاه علوم پزشکی تهران با انتشار ۵۰۸ مقاله نانو (۴/۴ درصد) و دانشگاه تربیت مدرس با انتشار ۴۸۰ مقاله نانو (۴/۱ درصد) در رده‌های بعدی قرار دارند. مجموعه دانشگاه آزاد اسلامی نیز با انتشار ۲۴۳۲ مقاله نانو نزدیک به یک‌پنجم از کل مقالات نانو ایران در سال گذشته را منتشر کرده است.

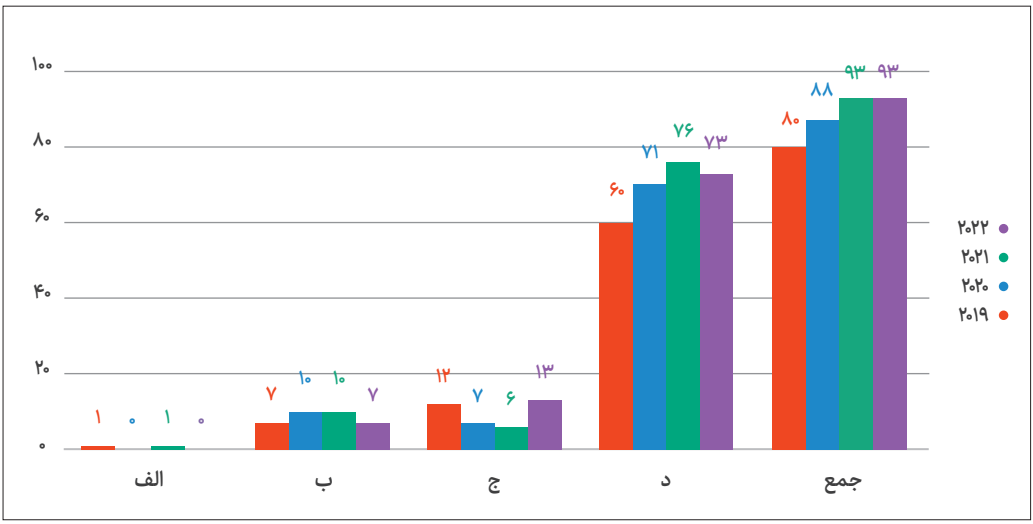
جایگاه جهانی ایران در کیفیت علم نانو

■ تعداد مقالات نانو منتشرشده ایران در مجلات برتر علمی جهان

فدراسیون سرآمدان علمی ایران بر اساس منابع معتبری همچون Nature Index و شاخص‌های Impact Factor و Eigen Factor و همچنین نظر نخبگان علمی هر حوزه، هر ساله مجلات برتر علمی جهان را در چهار دسته الف تا د (به‌ترتیب امتیاز) دسته‌بندی و معرفی می‌کند. آمار مقالات نانو ایران در این چهار دسته مجلات در نمودار ۲ نشان داده شده است. در مجموع، تعداد مقالات منتشرشده در این مجلات ۹۳ مقاله بوده که نسبت به سال گذشته رشد نداشته ولی تعداد مقالات هر دسته تغییراتی کرده که در نمودار ۲ مشخص است.

■ عناوین مقالات نانو ایران با ضریب اثربخشی الف تا ج

فهرست مقالات نانو ایران با ضریب اثربخشی الف تا ج در سال ۲۰۲۲ به شرح جدول ۲ است.



نمودار ۲- آمار مقالات نانو ایران در چهار دسته مجلات برتر علمی جهان (۲۰۲۲-۲۰۱۹)

جدول ۲- فهرست مقالات نانو ایران با ضریب اثربخشی الف تا ج (سال ۲۰۲۲)

رتبه	نام مجله	عنوان مقاله	نویسنده/نویسندگان ایرانی
۱	ACS NANO	A Protein Corona Modulates Interactions of a Synuclein with Nanoparticles and Alters the Rates of the Microscopic Steps of Amyloid Formation	حسین محمدبیگی، معصومه زنگنه، هدی اسکندری، آزاد فرزاد فرد، سیدعباس شجاع‌الساداتی

ادامه جدول ۲- فهرست مقالات نانو ایران با ضریب اثربخشی الف تاج (سال ۲۰۲۲)

رتبه	نام مجله	عنوان مقاله	نویسنده/نویسندگان ایرانی
۲	ACS NANO	Electronic Tuning in WSe2/Au via van der Waals Interface Twisting and Intercalation	میثم باقری
۳	ACS NANO	Light-Controlled Triple-Shape-Memory, High-Permittivity Dynamic Elastomer for Wearable Multifunctional Information Encoding Devices	رسول اسماعیلی
۴	ACS NANO	Meniscus-Climbing System Inspired 3D Printed Fully Soft Robotics with Highly Flexible Three-Dimensional Locomotion at the Liquid-Air Interface	رسول اسماعیلی
۵	ACS NANO	Defined Physicochemical Cues Steering Direct Neuronal Reprogramming on Colloidal Self-Assembled Patterns (cSAPs)	جواد هراتی، حسین شهسواری، شاهین بنکدار، بهروز افلاطونیان، محمدعلی شکرگزار
۶	ADVANCED ENERGY MATERIALS	Emerging Organic Surface Chemistry for Si Anodes in Lithium-Ion Batteries: Advances, Prospects, and Beyond	عسکر سلطانی، علی داودی، سامان حسین‌پور
۷	ADVANCED ENERGY MATERIALS	Super-Fast and Super-Long-Life Rechargeable Zinc Battery	نوید خدایار، عبدالحسن نوری، محمدصفی رحمانی‌فر، یاسین شعبان‌گلی، افشین باقروند، نسیم حسنی، مهدی نیک‌عمل، میرفضل‌الله موسوی
۸	ADVANCED ENERGY MATERIALS	Layered Double Hydroxide Templated Synthesis of Amorphous NiCoFeB as a Multifunctional Electrocatalyst for Overall Water Splitting and Rechargeable Zinc-Air Batteries	معصومه مولودی، عبدالحسن نوری، محمدصفی رحمانی‌فر، یاسین شعبان‌گلی، میرفضل‌الله موسوی
۹	ADVANCED MATERIALS	Designing Angstrom-Scale Asymmetric MOF-on-MOF Cavities for High Monovalent Ion Selectivity	مجتبی عبدالله‌زاده، احسان حسینی، محمد ذاکر تبریزی، هادی احمدی، اصغر حبیب‌نژاد کورایم، محسن اسدنیا، امیر رزمجو
۱۰	ADVANCED MATERIALS	Changing Fate: Reprogramming Cells via Engineered Nanoscale Delivery Materials	شیوا سلطانی دهنوی، زهرا عیوضی‌زاده

ادامه جدول ۲- فهرست مقالات نانو ایران با ضریب اثربخشی الف تاج (سال ۲۰۲۲)

رتبه	نام مجله	عنوان مقاله	نویسنده/نویسندگان ایرانی
۱۱	ADVANCED MATERIALS	High-Performance Liquid Crystalline Polymer for Intrinsic Fire-Resistant and Flexible Triboelectric Nanogenerators	رسول اسماعیلی
۱۲	ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION	Advances in the Sensing and Treatment of Wound Biofilms	سرور درویشی، شیما توکلی، مهشید خرازی‌ها
۱۳	ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION	Conferring BiVO4 Nanorods with Oxygen Vacancies to Realize Enhanced Sonodynamic Cancer Therapy	عزیز مالکی
۱۴	CHEMICAL SOCIETY REVIEWS	Gold nanostructures: synthesis, properties, and neurological applications	ایمان زارع، محمد توکلی یرکی، علیرضا حسنی نجف‌آبادی، علیرضا شورانگیز حقیقی، امیرعلا بخشیان‌نیک
۱۵	JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	Trilayer Metal-Organic Frameworks as Multifunctional Electrocatalysts for Energy Conversion and Storage Applications	فاطمه شهبازی فراهانی، محمدصفی رحمانی‌فر، عبدالحسن نوری، نسیم حسنی، مهدی نیک‌عمل، میرفضل‌الله موسوی
۱۶	NATURE COMMUNICATIONS	Freezing and thawing magnetic droplet solitons	مجید محسنی
۱۷	PHYSICS REPORTS-REVIEW SECTION OF PHYSICS LETTERS	Experimental and computational physics of fullerenes and their nanocomposites: Synthesis, thermo-mechanical characteristics and nanomedicine applications	اسماعیل قوانلو، هاشم رفیعی‌تبار، سیداحمد فاضل‌زاده
۱۸	PHYSICS REPORTS-REVIEW SECTION OF PHYSICS LETTERS	Recent advances on the fundamental physical phenomena behind stability, dynamic motion, thermophysical properties, heat transport, applications, and challenges of nanofluids	محسن شیخ‌الاسلامی
۱۹	PHYSICS REPORTS-REVIEW SECTION OF PHYSICS LETTERS	Cavity magnonics	بابک زارع رمشتی
۲۰	ENERGY & ENVIRONMENTAL SCIENCE	First-row transition metal-based materials derived from bimetallic metal-organic frameworks as highly efficient electrocatalysts for electrochemical water splitting	سهیلا صنعتی، علی مرسلی

جدول ۳- اطلاعات مربوط به ده کشور برتر جهان از لحاظ تعداد مقالات نانو در مجلات Q1 (سال ۲۰۲۲)

کشور	تعداد مقالات نانو در مجلات Q1	سهم مقالات نانو در مجلات Q1 از کل مقالات نانو (٪)	رتبه جهانی در تعداد مقالات نانو در مجلات Q1
چین	۶۸,۳۴۰	۶۳/۰	۱
آمریکا	۱۴,۱۹۵	۶۰/۷	۲
کره جنوبی	۷,۲۵۱	۶۴/۳	۳
هند	۷,۱۴۲	۳۰/۴	۴
آلمان	۵,۰۴۳	۵۶/۷	۵
عربستان	۴,۱۵۹	۴۲/۹	۶
انگلستان	۳,۹۰۵	۶۱/۱	۷
ایران	۳,۸۰۲	۳۳,۱۴	۸
ژاپن	۳,۷۴۷	۴۷/۹	۹
استرالیا	۳,۶۴۳	۶۹/۸	۱۰

تعداد مقالات نانو منتشرشده ایران در مجلات Q1

سهم مقالات نانو ایران که در مجلات Q1 منتشر شده‌اند نیز به‌عنوان یک شاخص دیگر از کیفیت انتشارات علمی در نظر گرفته می‌شود. مجلات Q1 مجلاتی هستند که بر اساس بانک اطلاعات مجلات علمی (Journal Citation Reports) JCR از نظر ضریب اثربخشی (Impact factor) جزو مجلات چارک اول به‌حساب می‌آیند. تعداد این مقالات با ۱۸ درصد کاهش نسبت به سال قبل، به ۳۸۰۲ مقاله در سال ۲۰۲۲ رسید. همچنین سهم این مقالات از کل مقالات نانوی ایران نیز نسبت به سال ۲۰۲۱ حدود ۴٫۵ درصد کمتر شده است.

مقدار و رتبه شاخص اچ (h-Index) مقالات نانو ایران

شاخص اچ (h-Index) معیاری از کمیت و کیفیت مقالات علمی یک محقق، مؤسسه یا کشور است و در واقع حجم مقالات پر کیفیت آن فرد یا کشور را نشان می‌دهد. معایبی هم به این شاخص وارد است از جمله اینکه ارجاع به خود را لحاظ نمی‌کند یا سن علمی محققان یا نهادها را در نظر نمی‌گیرد. با وجود این‌ها، به‌عنوان یک شاخص کیفی در ارزیابی و مقایسه مقالات با کیفیت موردقبول و استناد است. در شاخص h رتبه جهانی ایران برای مقالات منتشر شده در ۵ سال منتهی به ۲۰۲۲ (h-index پنج‌ساله) یازدهم است. جدول ۴ فهرست ۲۰ کشور برتر جهان در شاخص h-Index برای مقالات نانو منتشر شده در سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ را نشان می‌دهد.

جایگاه جهانی ایران در ثبت اختراعات فناوری نانو

ایران در مجموع تا پایان سال ۲۰۲۲، ۳۱۲ اختراع مرتبط با فناوری نانو در دفاتر ثبت پتنت آمریکا و اروپا منتشر کرده است. تعداد پتنت‌های نانو ایران در سال ۲۰۲۲ در دفتر ثبت پتنت آمریکا (USPTO[1])، ۲۳ پتنت بوده است. علاوه بر این، در همین سال، ۱۰ اختراع نانو دیگر در حال ثبت نهایی در این دفتر هستند. بر این اساس رتبه ایران در پتنت‌های ثبت شده در USPTO در سال ۲۰۲۲ بیست و چهارم است. در دفتر ثبت پتنت اروپا (EPO[2]) در این سال اختراعی مرتبط با فناوری نانو ثبت نشده است. نسبت تعداد پتنت‌ها به تعداد مقالات نانو نشان می‌دهد که ۰/۳ پتنت نانو در ازای هر ۱۰۰ مقاله نانو ثبت شده است. با این حال باید توجه داشت که همین تعداد اختراعات مرتبط با فناوری نانو، سهمی در حدود ۳۱ درصد از کل پتنت‌های ثبت شده ایران در

ادارات ثبت پتنت آمریکا و اروپا را شامل می‌شوند. آمار مربوط به این حوزه در جدول ۵ آمده است.

از سال ۱۳۹۶ با افزایش نرخ دلار و تورم سالانه، درصد رشد منهای تورم بازار فناوری نانوی ایران نیز کمتر شده است. رشد سال ۱۳۹۹

جدول ۴- مقدار و رتبه شاخص h-Index پنج‌ساله مقالات نانو ۲۰ کشور برتر جهان (۲۰۲۲-۲۰۱۸)

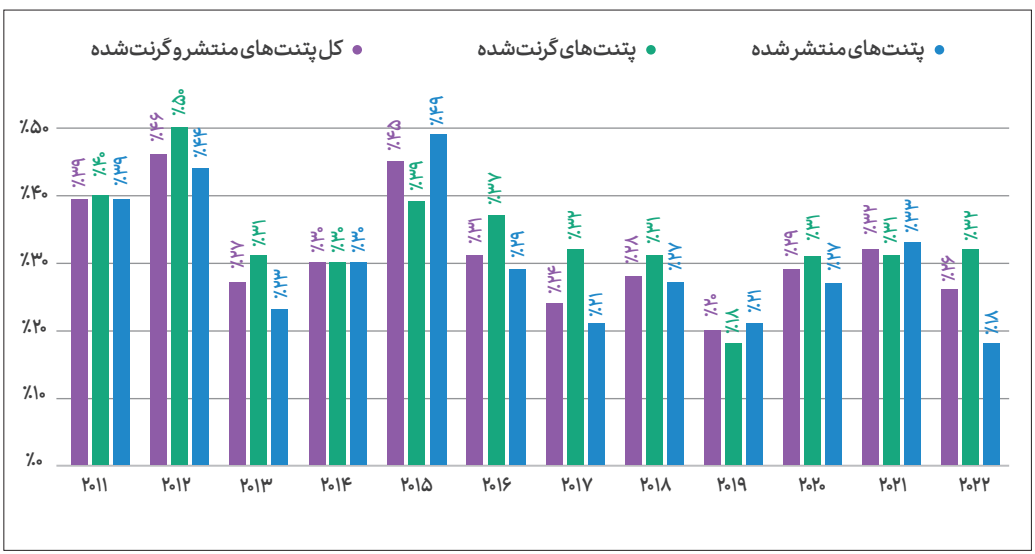
رتبه	کشور	h-index	رتبه	کشور	h-index
۱	چین	۳۶۸	۱۱	ایران	۱۵۴
۲	آمریکا	۳۲۶	۱۲	هند	۱۵۲
۳	استرالیا	۲۰۲	۱۳	سوئیس	۱۴۲
۴	آلمان	۱۹۱	۱۴	فرانسه	۱۳۷
۵	سنگاپور	۱۸۷	۱۵	اسپانیا	۱۳۱
۶	کره جنوبی	۱۸۶	۱۶	تایوان	۱۲۸
۷	ژاپن	۱۷۹	۱۷	ایتالیا	۱۲۴
۸	انگلستان	۱۷۶	۱۸	هلند	۱۲۳
۹	عربستان	۱۷۳	۱۸	سوئد	۱۱۶
۱۰	کانادا	۱۶۱	۲۰	پاکستان	۱۱۴

جدول ۵- فهرست ۳۰ کشور برتر جهان در ثبت پتنت نانو در USPTO در (سال ۲۰۲۲)

رتبه	کشور	تعداد پتنت نانو	رتبه	کشور	تعداد پتنت نانو
۱	آمریکا	۴۳۶۶	۱۶	ایتالیا	۴۸
۲	چین	۱۰۰۰	۱۷	سنگاپور	۴۸
۳	کره جنوبی	۸۴۶	۱۸	اسپانیا	۴۰
۴	ژاپن	۶۹۱	۱۹	سوئد	۳۹
۵	تایوان	۶۰۴	۲۰	استرالیا	۳۴

ادامه جدول ۵- فهرست ۳۰ کشور برتر جهان در ثبت پتنت نانو در USPTO در (سال ۲۰۲۲)

رتبه	کشور	تعداد پتنت نانو	رتبه	کشور	تعداد پتنت نانو
۶	آلمان	۲۶۱	۲۱	ایرلند	۳۲
۷	عربستان سعودی	۲۵۳	۲۲	دانمارک	۲۸
۸	فرانسه	۲۱۰	۲۳	اتریش	۲۶
۹	کانادا	۱۶۵	۲۴	ایران	۲۳
۱۰	انگلستان	۱۳۳	۲۴	لوکزامبورگ	۱۶
۱۱	هلند	۱۰۲	۲۶	نروژ	۱۴
۱۲	سوئیس	۹۳	۲۶	روسیه	۹
۱۳	فنلاند	۵۵	۲۸	امارات متحده عربی	۹
۱۴	هند	۵۲	۲۹	قطر	۸
۱۵	بلژیک	۴۸	۳۰	نیوزیلند	۸



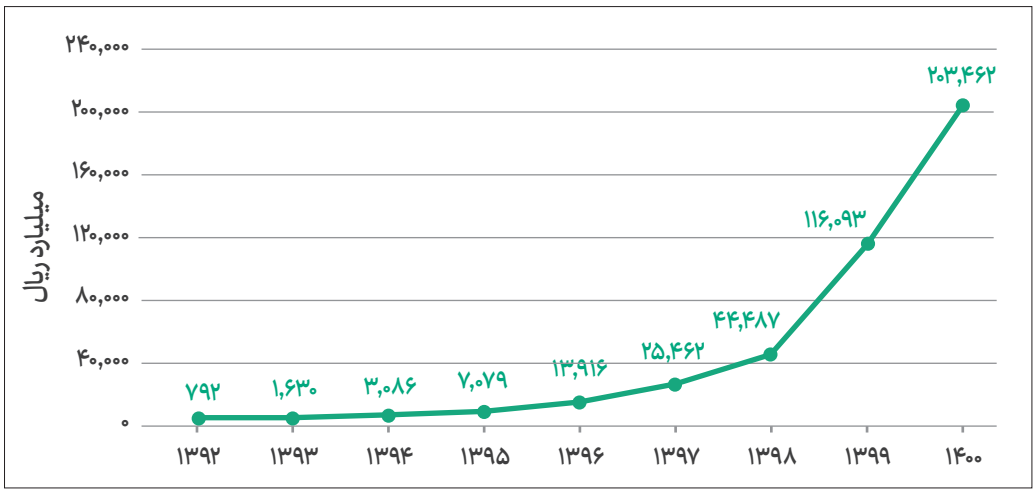
نمودار ۳- سهم پتنت‌های نانو از کل پتنت‌های ایران (۲۰۲۲-۲۰۱۱)

حجم بازار محصولات نانو ساخت ایران

طبق تعریف بازار فناوری نانو که در استاندارد بین‌المللی ایزو به شماره ISO/TS 18110:2015 به تصویب رسیده است؛ بازار فناوری نانو شامل سه بخش زیر است:

• بازار کالاهای نانو • بازار تجهیزات نانو • بازار خدمات فناوری نانو

متوسط رشد سالانه بازار فناوری نانوی ایران از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ حدود ۱۰۲ درصد بوده است؛ یعنی هر سال حجم فروش بازار نانو تقریباً دو برابر شده است. بیشترین رشد بازار فناوری نانو مربوط به سال ۱۳۹۹ با ۱۶۰ درصد بوده است. در سال ۱۴۰۰ رشد بازار فناوری نانو، ۷۵ درصد بوده است. محاسبه این بازار در سال ۱۴۰۱ نیز در دست اقدام است و گزارش نهایی آن در تابستان ۱۴۰۲ منتشر خواهد شد. روند رشد سالیانه بازار فروش محصولات فناوری نانو ساخت داخل در سال‌های گذشته در نمودار ۴ آمده است.

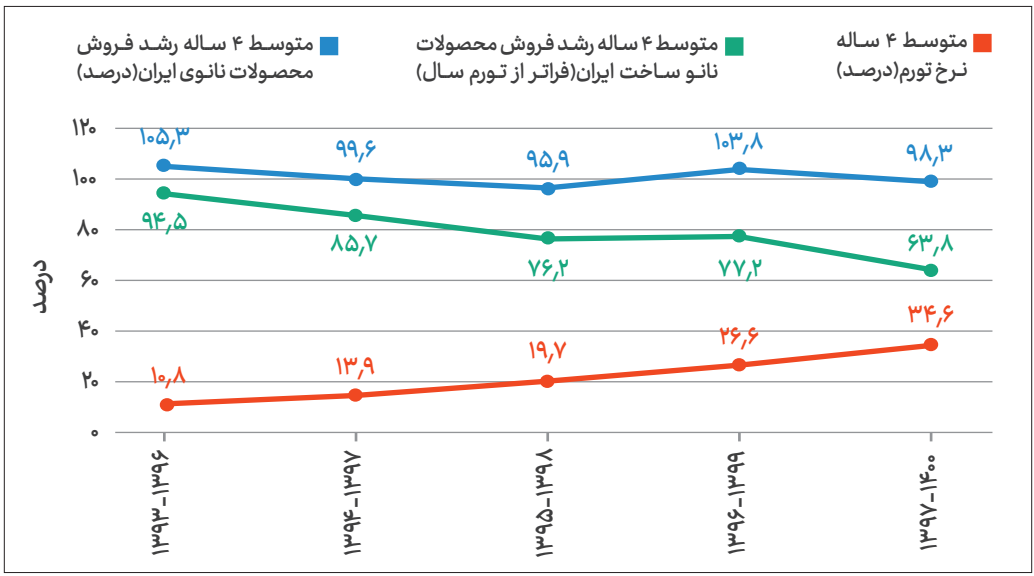


نمودار ۴- روند رشد سالیانه بازار محصولات فناوری نانو ساخت ایران (۱۴۰۰-۱۳۹۲)

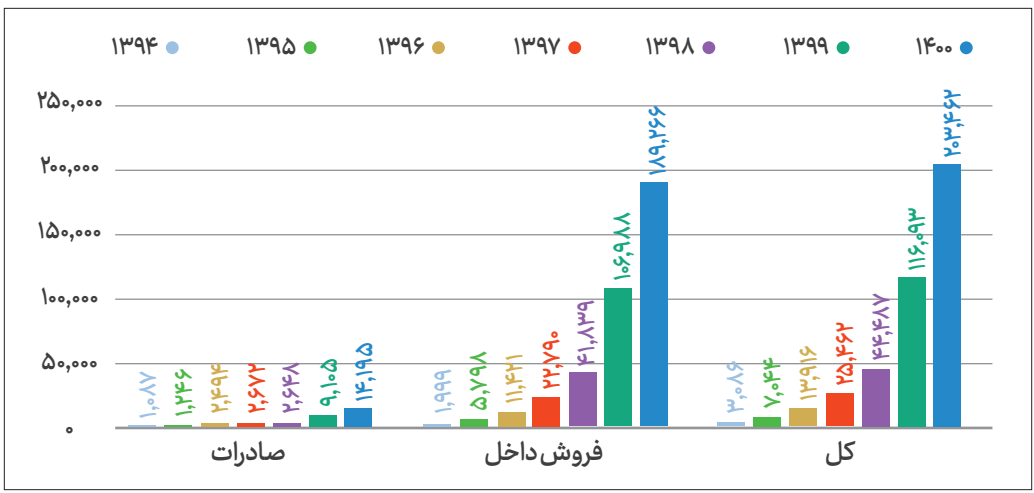
به دلیل رشد و توسعه داخلی برخی از حوزه‌ها از جمله نانوکاتالیست بوده است. متوسط ۴ ساله رشد فروش محصولات فناوری نانوی ایران در نمودار ۵ نشان داده شده است. (لازم به ذکر است که نرخ تورم سالانه مطابق با آمار رسمی مرکز آمار است که در اینجا به صورت میانگین ۴ ساله گزارش شده است.)

۱۴,۱۹۵ میلیون دلار (حدود ۷ درصد) از مجموع بازار فروش محصولات نانو ساخت ایران در سال ۱۴۰۰ مربوط به صادرات این محصولات به کشورهای دیگر و ۱۸۹,۲۲۶ میلیارد ریال آن مربوط به فروش در بازار داخلی بوده است. سهم صادرات و فروش داخل در کنار حجم کل بازار فروش محصولات نانو ساخت ایران در نمودار ۶ نمایش داده شده است.

فروش تجهیزات فناوری نانو در سال ۱۴۰۰ حدود ۵۹ درصد رشد



نمودار ۵- متوسط ۴ ساله رشد فروش محصولات فناوری نانوی ایران (۱۴۰۰-۱۳۹۳)



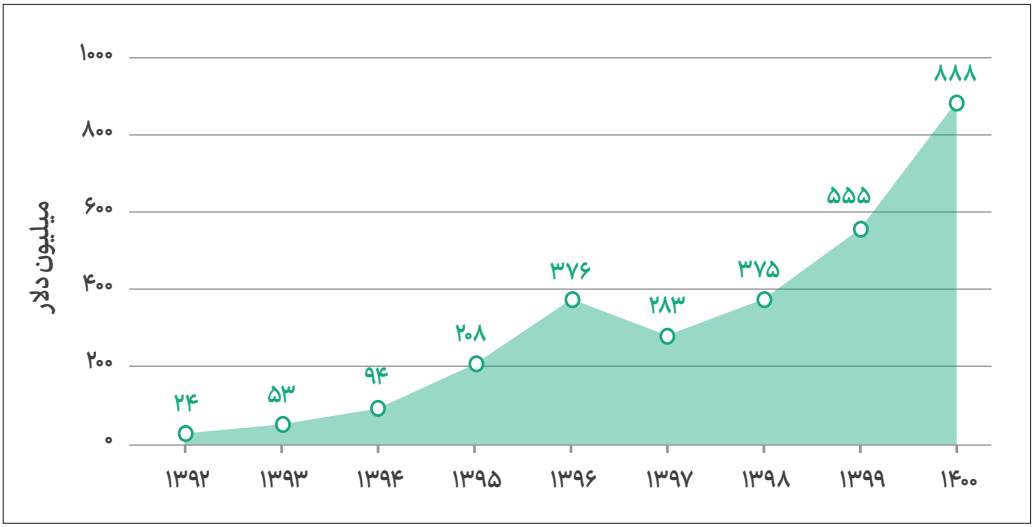
نمودار ۶- آمار کل فروش محصولات نانو ساخت ایران به تفکیک صادرات و فروش داخل (میلیارد ریال) (۱۴۰۰-۱۳۹۴)

داشته است. ۵ دستگاه پرفروش در سال ۱۴۰۰ به ترتیب عبارت‌اند از: دستگاه پوشش‌دهی قوس کاتدی، دستگاه حباب‌ساز نانویی (نانوکویتاسیون)، سیستم خشک‌کن انجمادی، دستگاه الکتروریسی صنعتی و میکروسکوپ رامان. روند فروش تجهیزات آزمایشگاهی و صنعتی فناوری نانو ایران در نمودار ۹ آمده است.

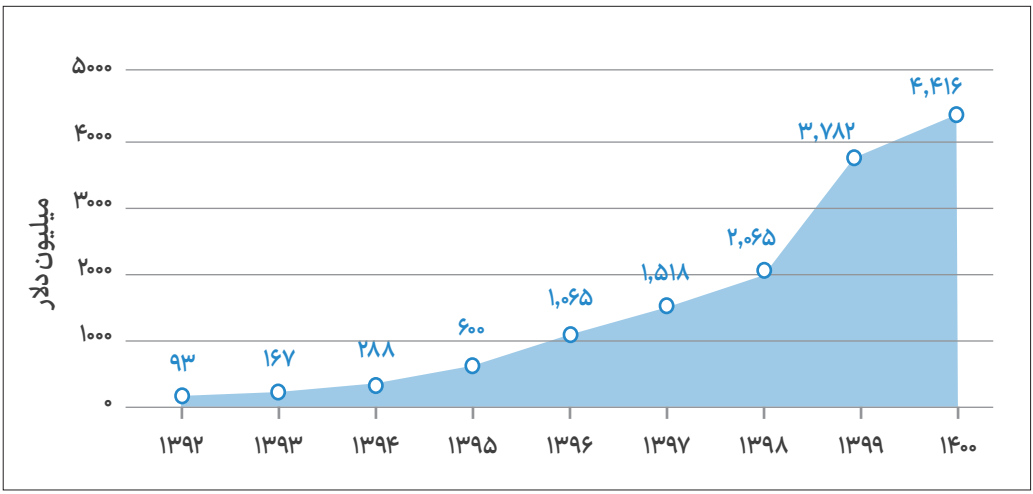
رشد خدمات فناوری نانو در سال ۱۴۰۰ حدود ۱۰۸ درصد بود که نسبت به حوزه‌های دیگر یعنی کالا و تجهیزات بیشتر است.

پرفروش‌ترین خدمات فناوری نانو در سال ۱۴۰۰ به ترتیب عبارت‌اند از: خدمات لایه‌نشانی تزیینی، خدمات آنالیز و شناسایی نانومواد، خدمات لایه‌نشانی سخت، خدمات تجاری‌سازی محصولات فناوری نانو و خدمات مالکیت فکری و ثبت پتنت که سهم سه مورد اول حدود ۹۷ درصد از کل بازار خدمات فناوری نانو است. مقدار این بازار در سال‌های گذشته در نمودار ۱۰ نمایش داده شده است.

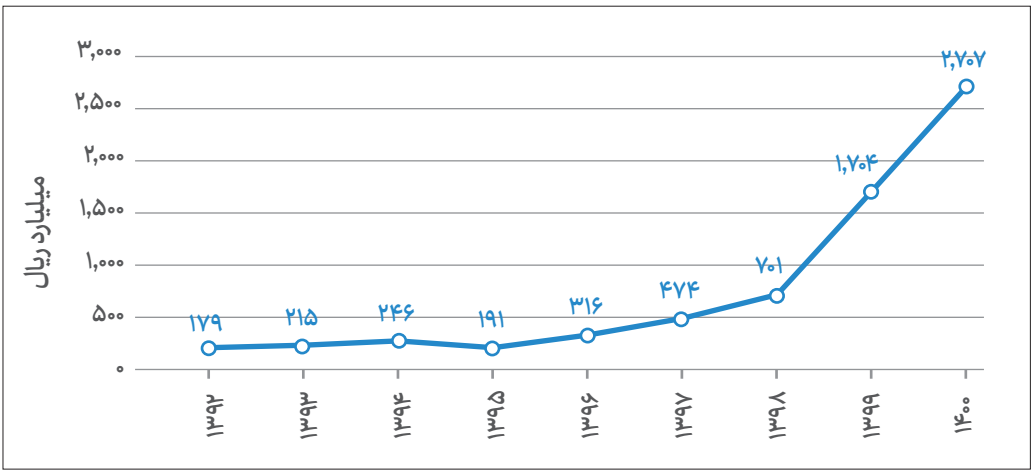
در پایان سال ۱۴۰۰ در مجموع ۲۸۰ شرکت در زمینه تولید



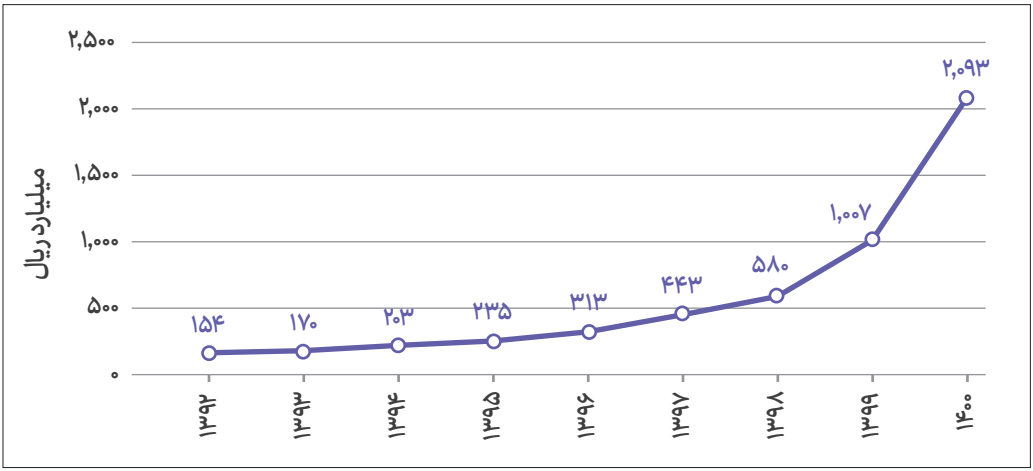
نمودار ۷- ارزش دلاری حجم فروش محصولات نانو ساخت ایران[1] (۱۴۰۰-۱۳۹۲)



نمودار ۸- ارزش دلاری حجم فروش محصولات نانو ساخت ایران برحسب برابری قدرت خرید (PPP[2]) (۱۴۰۰-۱۳۹۲)



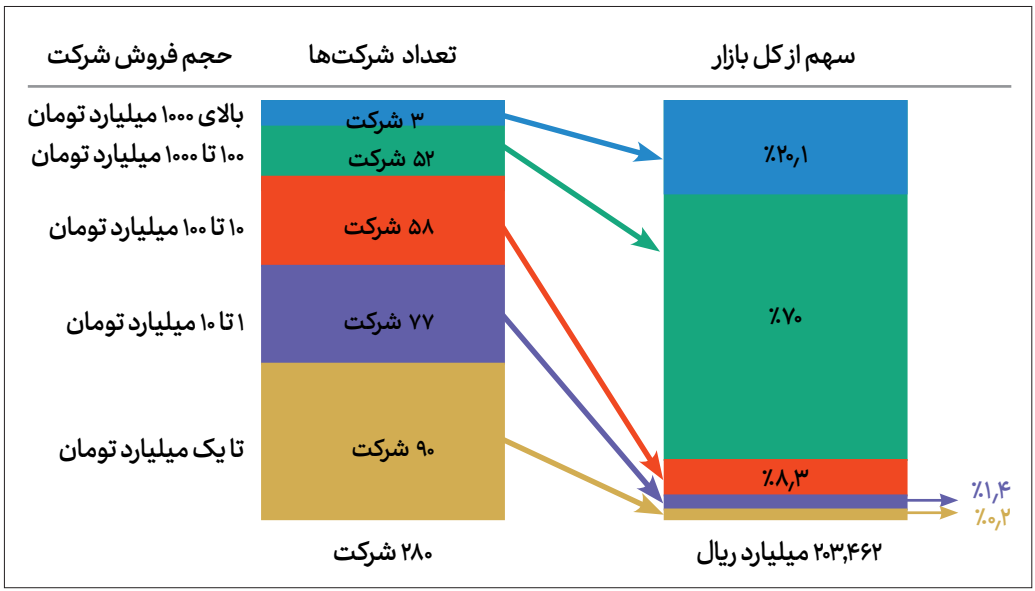
نمودار ۹- روند فروش سالیانه تجهیزات نانو ایران (میلیارد ریال) (۱۴۰۰-۱۳۹۲)



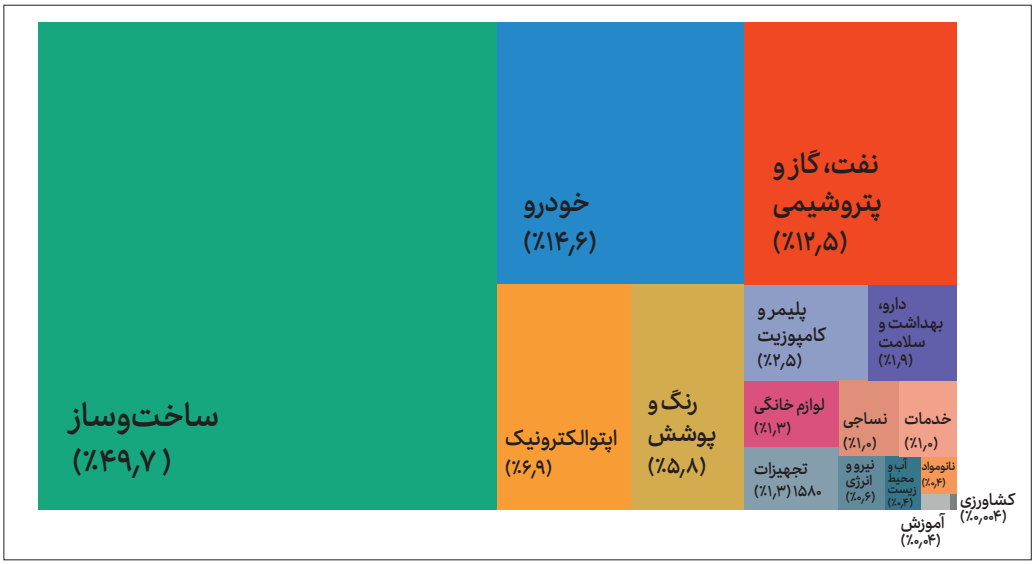
نمودار ۱۰- روند افزایش حجم بازار خدمات فناوری نانو ایران (۱۴۰۰-۱۳۹۲)

محصولات، تجهیزات و خدمات حوزه فناوری نانو فعال بودند که از داده‌های جمع‌آوری‌شده از این شرکت‌ها، رقم کلی فروش معادل ۲۰۳,۴۶۲ میلیارد ریال به دست آمده است. بیش از ۹۰ درصد از کل حجم بازار فناوری نانو ایران در سال ۱۴۰۰ در اختیار ۵۵ شرکت اول قرار داشته است. بیش از یک چهارم از شرکت‌های فناوری نانو در سال ۱۴۰۰ حجم فروش کمتر از یک میلیارد تومان داشته‌اند. تعداد شرکت‌های فناوری نانو به تفکیک حجم فروش در نمودار ۱۱ آمده است.

صنعت ساخت‌وساز نزدیک به نیمی از بازار محصولات فناوری نانوی ایران در سال ۱۴۰۰ را دربرگرفته که معادل با رقمی در حدود ۱۰۱ هزار میلیارد ریال شده است. ۹۶ درصد از این رقم مربوط به بازار شیرآلات بهداشتی، کاشی و شیشه رفلکس است. صنعت خودرو و حمل‌ونقل در جایگاه بعدی قرار دارد و حجم فروش محصولات فناوری نانوی این حوزه حدود ۲۹,۶۰۰ میلیارد ریال است که نزدیک به ۷۵ درصد آن را نانوکاتالیست‌های خودرو تشکیل داده‌اند. تقریباً تمام سهم ۱۲/۵ درصدی صنعت نفت‌وگاز را نیز نانوکاتالیست‌ها تشکیل داده‌اند. دو حوزه آموزش و کشاورزی هم سهم بسیار اندکی (زیر ۰/۱ درصد) از بازار فناوری نانوی ایران دارند.



نمودار ۱۱- تعداد شرکت‌های فناوری نانو ایران به تفکیک حجم فروش (سال ۱۴۰۰)

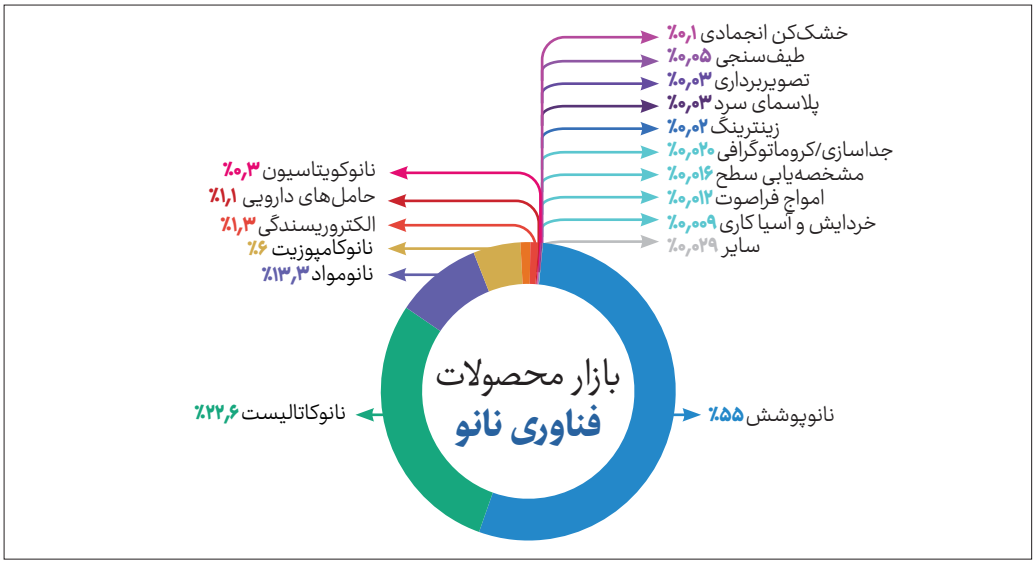


نمودار ۱۲- آمار فروش کلی شرکت‌های نانو ایران به تفکیک حوزه‌های صنعتی در تولید کالا (درصد) (سال ۱۴۰۰)

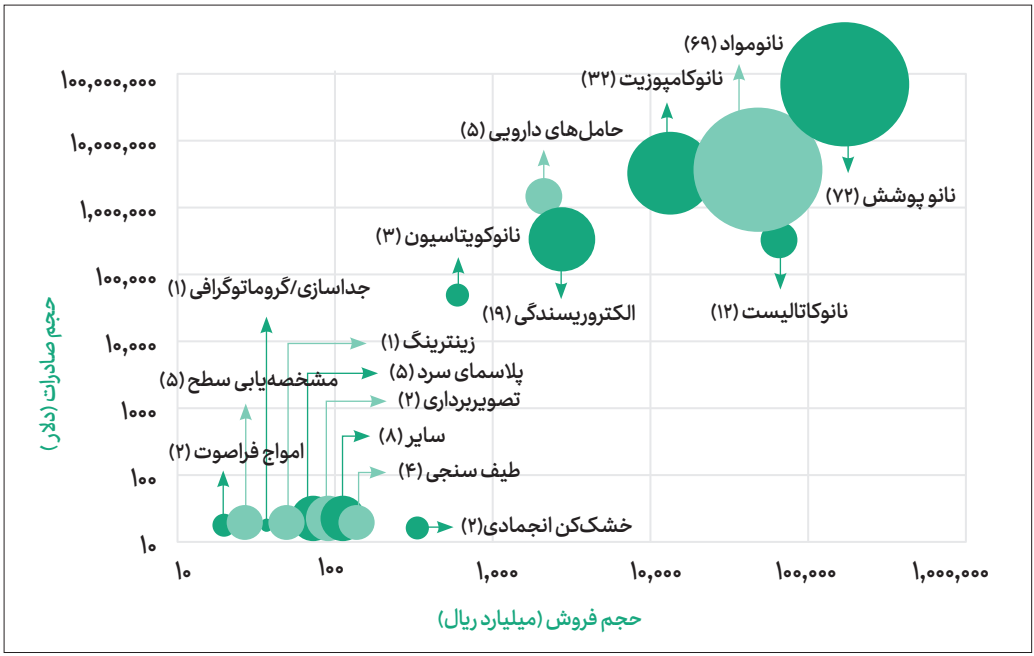
بازار محصولات فناوری نانو به تفکیک فناوری مورد استفاده در نمودار ۱۳ آمده است.

بیشترین تعداد شرکت‌های فناوری نانوی ایران در حوزه‌های نانوپوشش، نانومواد و نانوکامپوزیت فعالیت داشته‌اند؛ به همین دلیل حجم بازار و صادرات در این حوزه‌ها بیشتر بوده است. در فناوری‌ها و روش‌هایی مانند امواج فراصوت، طیف‌سنجی، تصویربرداری، جداسازی و... که در حوزه تجهیزات قرار می‌گیرند میزان صادرات صفر و تعداد شرکت‌های فعال نیز کم بوده‌اند. در

حوزه‌هایی مانند نانوکاتالیست و حامل‌های دارویی نیز با وجود حجم بازار زیاد، تعداد شرکت‌های کمی وارد شده‌اند. حجم فروش، صادرات و تعداد شرکت‌های حوزه‌های مختلف فناوری در سال ۱۴۰۰ در نمودار ۱۴ آمده است.



نمودار ۱۳- بازار محصولات نانوساخت ایران به تفکیک فناوری مورد استفاده (سال ۱۴۰۰)



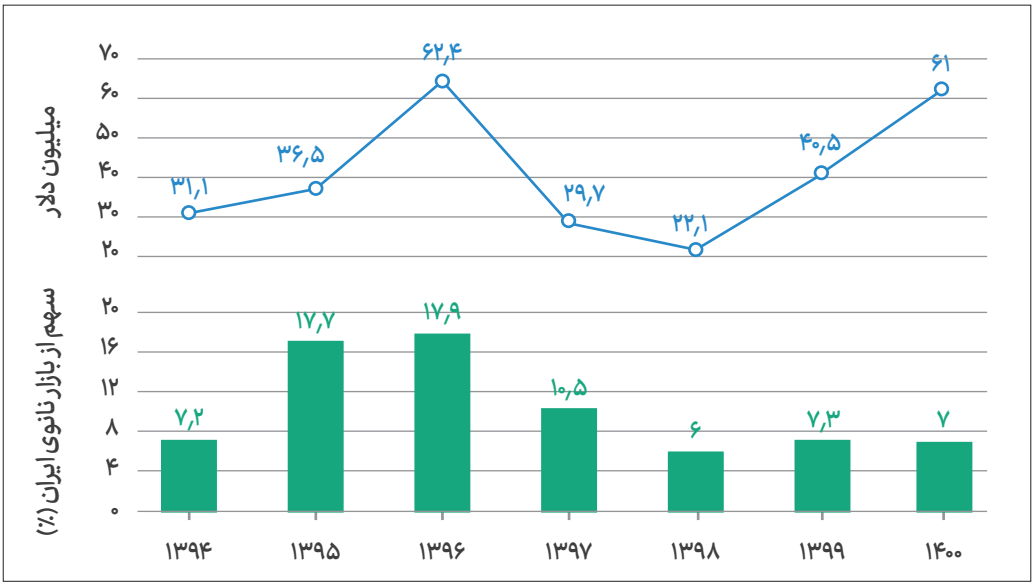
نمودار ۱۴- حجم فروش، صادرات و تعداد شرکت‌های حوزه‌های مختلف فناوری ایران (سال ۱۴۰۰)

فهرست ۱۵ محصول پرفروش فناوری نانو (حجم فروش بالای هزار و پانصد میلیارد ریال) نیز در نمودار ۱۵ آمده است.

حجم صادرات محصولات فناوری نانو ایران

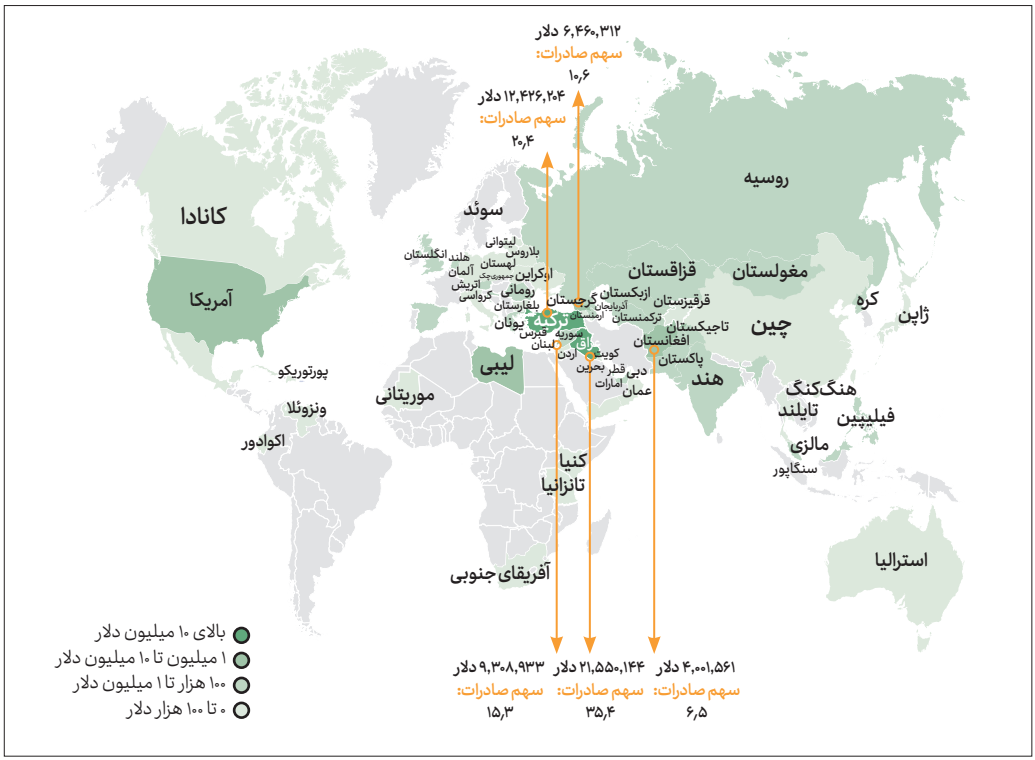
گسترش برنامه‌های صادراتی ستاد نانو به‌ویژه در سال‌های اخیر سبب شد تا بستر ورود کالا، تجهیزات و خدمات حوزه فناوری نانو ایران به بازارهای جهانی فراهم شود. پس از سال ۱۳۹۸ که کمترین مقدار و سهم صادرات محصولات فناوری نانو ساخت ایران ثبت شد، حجم صادرات در این حوزه روند صعودی گرفته و در سال ۱۴۰۰ نسبت به سال قبل ۵۳ درصد رشد داشته است؛ ولی سهم ۷ درصدی صادرات از کل بازار نانو تغییر چندانی نکرده است. حجم و سهم صادرات محصولات فناوری نانو ساخت ایران در سال‌های اخیر در نمودار ۱۶ آمده است.

نمودار ۱۵- فهرست ۱۵ محصول پرفروش نانو ساخت ایران با حجم فروش بالای هزار و پانصد میلیارد ریال (سال ۱۴۰۰)



نمودار ۱۶- حجم و سهم صادرات محصولات فناوری نانو ساخت ایران (سال ۱۴۰۰-۱۳۹۴)

۵۸ کشور، مقصد صادراتی محصولات نانو در سال ۱۴۰۰ بوده‌اند. بیشترین میزان صادرات نانو ایران در سال ۱۴۰۰، به‌ترتیب به عراق با ارزش ۲۱/۵ میلیون دلار، ترکیه با ارزش ۱۲/۴ میلیون دلار و لبنان با ارزش ۹/۳ میلیون دلار بوده است. توزیع صادرات محصولات نانو ایران برحسب کشور هدف در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- توزیع صادرات محصولات نانو ایران برحسب کشور هدف (سال ۱۴۰۰)

پی‌نوشت‌ها

۱- United States Patent and Trademark Office

۲- European Patent Office

۳- برای محاسبه مقدار ارزی فروش هر سال میانگین روزانه نرخ دلار در هر سال از سامانه www.sanarate.ir محاسبه شده است.

۴- برابری قدرت خرید یا PPP نوعی نرخ مبادله است که برابر است با نسبت هزینه‌های دو سبد کالای یکسان در دو جامعه برحسب ارزهای ملی و در واقع نشان‌دهنده نسبت قدرت خرید دو ارز است. نرخ مبادله PPP می‌تواند نشان‌دهنده رقابت‌پذیری یک کشور باشد. اگر ارز داخلی ضعیف باشد (PPP < نرخ مبادله)، کشور موردنظر حالت رقابت‌پذیری پیدا می‌کند؛ زیرا قیمت‌های داخلی نسبتاً ارزان‌تر شده و پول به ارزش خارجی کمتر از ارزش داخلی عرضه می‌شود. به عنوان مثال اگر قیمت کالای A در آمریکا ۲ دلار و در ایران همان کالا ۳۰,۰۰۰ تومان باشد، با سرمایه ۱۰ دلاری در آمریکا قدرت خرید ۵ عدد کالای A را دارید ولی در ایران با همان پول (با فرض هر دلاری ۲۵,۰۰۰ تومان) قدرت خرید ۸ عدد از کالای A را دارید. این ضریب تبدیل برای هر کشور در هر سال توسط بانک جهانی محاسبه و اعلام می‌شود که برای ایران در سال ۲۰۲۱ معادل ۴۶,۰۷۲/۴۶ ریال به ازای هر دلار بوده است. (برای مشاهده ضریب تبدیل PPP به آدرس زیر مراجعه کنید: https://data.worldbank.org/indicator/PA.NUS.PPP)

افزایش ایمنی و کندسوزی در صنایع اسباب‌بازی با فناوری نانو

تهیه‌کننده سیده سمانه قاسمی، شرکت توسعه مهندسی الماسواره دانش

خطر آتش‌سوزی با وجود رعایت همهٔ استانداردها و ملاحظات ایمنی، در کمین همه لوازم مصرفی وجود دارد. وجود این چالش زمانی حساس‌تر می‌شود که لوازم مورد استفاده کودکان در معرض این خطرات باشد. فناوری نانو با معرفی نانوذرات، نقش به‌سزایی را در حل این چالش داشته است. مواد شیمیایی کندسوز از زمان رومیان باستان مورد استفاده بوده‌اند؛ آن‌ها از موادی نظیر زاج سفید یا سرکه برای حفاظت کشتی‌های جنگی و برج‌های محاصره شده، استفاده می‌کردند. تحقیق و توسعه و استفاده از مواد شیمیایی یا پوشش‌های ضدآتش همچنان تا به امروز ادامه دارد. در سال پنجم قبل از میلاد به نوشته هرودوت مورخ یونانی، مردم یونان از سولفات پتاسیم آلومینیوم به عنوان رنگ و روکش برای بهبود خاصیت مقاومت به آتش چوب استفاده می‌کردند. حدود ۲۰۰ سال بعد رومیان باستان این فناوری را با اضافه کردن سرکه به سولفات پتاسیم آلومینیوم بهبود دادند. بعدها رومیان، اختراعات در زمینه مواد مقاوم در برابر آتش را در تجهیزات نظامی به کار بردند. در قرن ۱۷ مشهور به قرن آلمان، پرده‌های تئاتر را با مخلوطی از خاک رس و سنگ گچ آغشته می‌کردند که آن‌ها را «پرده‌های نمایش نسوز» می‌نامیدند.

بازدارنده‌های شعله، مواد شیمیایی هستند که تولیدکنندگان در دهه ۱۹۷۰ شروع به افزودن آن‌ها به محصولات تجاری و مصرفی کردند تا استانداردهای اشتعال‌پذیری را رعایت کنند. مواد بازدارنده شعله معمولاً به کالاهایی با پتانسیل اشتعال بالا مانند مبلمان روکش شده، محصولات کودک، لوازم الکترونیکی، مصالح ساختمانی، لباس، صندلی ماشین و داخل خودرو اضافه می‌شوند [۱].

در سال ۱۷۳۵ برای اولین بار حق ثبت اختراع ماده کندسوز به نام دانشمند بریتانیایی اوبادیا ویلد صادر شد و به‌عنوان یک موضوع مهم و نقطه عطفی در تاریخ مواد کندسوز مورد توجه قرار گرفت. تا اوایل قرن بیستم، از مواد افزودنی و پرکننده‌های مختلف طبیعی، برای کاهش اشتعال استفاده می‌شد. از جمله این مواد می‌توان به خاک‌رس، سنگ گچ، سولفات آهن، آمونیوم کلرید، فسفات آمونیوم،

سدیم ترابورات و انواع مختلف اسید و همچنین مخلوط زاج سفید و سرکه، اشاره کرد. این مواد جهت کندسوزی عمدتاً برای کاربردهای نظامی، پرده‌های تئاتر و دیگر پارچه‌ها کاربرد داشتند.

بازدارنده‌های شعله، با احاطه کردن ماده در حال سوختن، احتراق را پایین آورده و از گسترش آتش به مواد دیگر جلوگیری می‌کنند. در برخی از این مواد از کلر و برم استفاده می‌شد که برای سلامتی مضر بود در نتیجه به مرور زمان از رده استفاده خارج شدند. محصولات امروزی به خصوص محصولات کندسوز غیرهالوژنی، برای کمک به حفاظت از زندگی ضروری هستند. تحقیقات گسترده‌ای در مواد شیمیایی بازدارنده شعله مختلف بر روی حیوانات آزمایشگاهی انجام شده است که نتایج آن به مشکلات سلامتی ناشی از این مواد اشاره کرده است. بازدارنده‌های شعله دارای برم بیشتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند و مشخص شد که این ماده می‌تواند در بافت تجمع کند، باعث سرطان شود، هورمون‌ها را مختل کند، به سیستم تولید مثل آسیب برساند و در حیوانات و احتمالاً انسان‌ها نیز مشکلاتی در رشد عصبی ایجاد کند. مطالعات بر روی انسان‌ها محدود است، عمدتاً به این دلیل که به زمان و منابع بسیار بیشتری نیاز دارد، اما به اثرات مشابهی از جمله افزایش خطر ابتلا به سرطان دست پیدا کرده‌اند و احتمالاً مشکلات رفتاری در کودکان خردسال، از جمله بیش فعالی، پرخاشگری و قلدری از عوارض این ماده است [۲].

امروز با استفاده از فناوری نانو سعی بر کاهش سمیت و زیست‌تخریب‌پذیری مواد مقاوم به شعله می‌شود تا از آسیب جدی به محیط زیست جلوگیری شود.

معرفی مواد کندسوز معمول

از آنجایی که فناوری نانو می‌تواند با افزودن نانومواد به محصولات موجود باعث تغییر خواص، بهبود عملکرد و یا ایجاد خواص ویژه‌ای شود، بنابراین در زیر به معرفی انواع مواد کندسوز پرداخته می‌شود. در ادامه به کاربرد انواع نانومواد در بهبود عملکرد رنگ‌ها و روکش‌های مقاوم به شعله پرداخته خواهد شد.

انواع مواد کندسوز به ۶ دسته اصلی زیر تقسیم می‌شوند:

کندسوزهای هالوژنی: این دسته از مواد کندسوز بر پایه سیستم‌های مبتنی بر کلر هستند اما شاید بیشتر به بازدارنده شعله‌های برومی یا BRF معروف هستند. کاربرد آن‌ها بیشتر در صنعت الکترونیک و همچنین در منسوجات، محصولات ساخت‌وساز و پوشش‌ها است. بروم به این دلیل استفاده می‌شود که اتم‌های فعال خود را قبل از آن که ماده به دمای احتراق خود برسد، در فاز گاز آزاد می‌کند تا واکنش‌های درون شعله را خنثی

کند. این فرایند روند سوختن ماده را کند می‌کند. این یک مثال از رویکرد مهار فاز بخار است. استفاده از این ماده به دلایل محیط زیستی از محدودیت‌های خاصی برخوردار است.

کندسوزهای معدنی: بسیاری از مواد معدنی به‌عنوان بازدارنده‌های شعله و یا یک کاتالیزور در سیستم کندسوز عمل می‌کنند. برای دریافت نتیجه مطلوب، این مواد در غلظت بالا و یا ترکیب با دیگر مواد کندسوز استفاده می‌شوند. به‌عنوان مثال، اکسید آنتیموان خواص بازدارنده شعله ندارد، اما در ترکیب با بازدارنده‌های شعله بروم یا کلر، به‌عنوان یک ترکیب‌کننده مؤثر و یک کاتالیزور برای بروم یا کلر عمل می‌کند و باعث آزاد شدن سریع‌تر اتم‌های بروم در فاز گاز می‌شود. از جمله مواد معدنی که به طور مستقل جهت کندسوزی عمل می‌کنند، هیدروکسید آلومینیوم و هیدروکسید منیزیم هستند. این ترکیبات ضمن فرایند سوختن، با انتشار گازهای غیرمستقیم (مانند بخار آب)، لایه‌های با نقش حفاظتی ایجاد می‌کنند (پس انرژی موجود در آتش را کاهش می‌دهند) و به این ترتیب باعث تداخل در روند سوختن می‌شوند.

کندسوزهای نیتروژنی: مواد بر پایه ملامین که بیشتر به کندسوزهای نیتروژنی مشهورند. هنگامی که ملامین در فاز چگال است، ساختار مولکولی آن به ساختارهای متقاطع تبدیل می‌شود. این تحول موجب ایجاد زغال می‌شود که مانع عرضه اکسیژن می‌شود. کندسوزهای نیتروژنی نمونه‌ای از مواد بازدارنده شعله در فاز جامد است.

پوشش‌های حجیم‌شونده: هدف این پوشش‌ها محافظت از مواد در برابر آتش‌سوزی است. آن‌ها برای محصولاتی مثل مصالح ساختمانی (فولاد یا چوب) مانند لایه‌ای از رنگ اعمال می‌شوند. این لایه مقاوم به آتش و عایق، مواد را از درجه حرارت بالا و آسیب ساختاری محافظت می‌کند. اجزای مشترک این پوشش‌ها عبارتند از ترکیبات کف‌دار (مواد شیمیایی که در هنگام حرارت دادن تجزیه می‌شوند و مقدار زیادی گاز تولید می‌کنند)، چسب، منبع اسیدی و ترکیبی کربنی.

فسفر: این ترکیبات می‌توانند هم به‌صورت شیمیایی به مواد متصل شوند و هم به‌صورت فیزیکی به‌عنوان افزودنی اضافه شوند. هنگامی که ترکیب حاوی فسفر گرم می‌شود، ایجاد زغال می‌کند. آنچه در مورد تشکیل زغال بسیار جالب است این است که با ایجاد یک لایه، محافظ پلیمر را از گرمای شعله محافظت می‌کند؛ ضمن آنکه مانع انتشار گازهای قابل اشتعال نیز می‌شود.

کندسوزهای غیرهالوژنی (HFFR): کندسوزهای غیرهالوژنی بهترین گزینه عصر کنونی برای افزایش مقاومت مواد نسبت به شعله هستند. این مواد حداقل اثرات محیط‌زیستی را در پی داشته و نسبت به مواد قبلی ذکر شده، عملکرد بهتری دارند. کلیه نانومواد مقاوم در برابر آتش در این دسته قرار می‌گیرند.

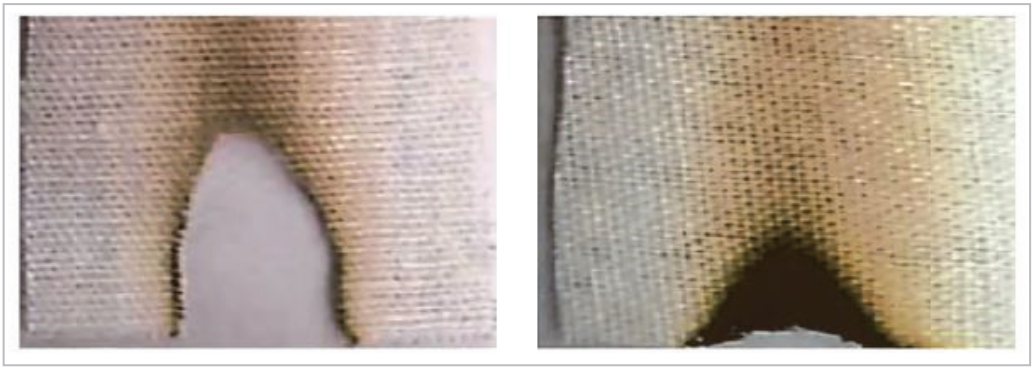
در اوایل سال ۲۰۲۰، محققان گزارش کردند که بازدارنده‌های شعله برم‌دار به عنوان بزرگ‌ترین عامل سرطان از سرب پیشی گرفته‌اند [۱]. به دلیل این مشکلات ذکر شده مطالعه و استفاده از نانوذرات برای حل این چالش پیشنهاد شد. در ادامه به معرفی نانوذرات مرسوم برای کاهش آتش‌گیری پلیمرها پرداخته می‌شود. از جمله این نانوذرات می‌توان به تیتانیوم دی‌اکسید [۳]، نانوذرات خاک‌رس و همچنین نانولوله‌های کربنی اشاره کرد.

نانوذرات خاک‌رس

با توجه به این که امروزه حجم وسیعی از کالاهای مصرفی هر جامعه‌ای را پلیمرهایی تشکیل می‌دهند که به‌راحتی می‌سوزند یا گاهی در مقابل شعله فاجعه می‌آفرینند، لزوم تحقیق در خصوص مواد دیرسوز احساس می‌شود. بر همین اساس، در کشورهای صنعتی، تلاش گسترده‌ای برای ساخت موادی با ایمنی بیشتر در برابر شعله آغاز شده است و در این زمینه نتایج مطلوبی هم به دست آمده است. با توجه به تدوین استانداردهای جدید ایمنی، به نظر می‌رسد استانداردهای ساخت مربوط به پلیمرهای مورد استفاده در خودروسازی، صنایع الکترونیک، صنایع نظامی و تجهیزات حفاظتی و حتی لوازم‌خانگی، در حال تغییر به سوی مواد دیرسوز است. از طرف دیگر مدتی است که نانوکامپوزیت‌های پلیمر-خاک‌رس (استفاده از نانوذرات خاک رس به عنوان تقویت کننده) به عنوان موادی با خواص مناسب مثل تأخیر در شعله‌وری، توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است؛ بنابراین به نظر می‌رسد که نانوکامپوزیت‌های پلیمر-خاک‌رس می‌توانند جایگزین مناسبی برای مواد پلیمری معمولی باشند [۴]؛ هنگامی که نانوذرات خاک‌رس به عنوان پرکننده در پلاستیک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، موجب ایجاد خواص قابل توجهی از جمله مقاومت در برابر آتش و مواد شیمیایی می‌شوند [۵]. تمامی نانوکامپوزیت‌هایی که تا به حال گزارش شده‌اند، کاهش آتش‌گیری را نشان می‌دهند. به عنوان مثال پیک سرعت آزادسازی گرما برای نانوکامپوزیت‌های پلیمری بر پایه پلی‌استایرن از ۵۰ تا ۷۰ درصد کاهش نشان می‌دهد [۶].

استفاده از نانوذرات خاک رس در صنعت ساختمان مزایایی داشته است که می‌توان از این مزایا در صنعت پلاستیک و به‌خصوص صنعت اسباب‌بازی نیز بهره برد، از جمله این مزایا می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کاهش اتلاف حرارت و توسعه دود و به تعویق انداختن جرقه‌زنی
- تأخیر توسعه آتش (توسعه آتش در مصالح به وسیله نانوپوشش‌ها به تأخیر می‌افتد. در صورت بروز آتش در طول چند ثانیه یک پوشش سرامیکی شکل می‌گیرد. این



عکس‌العمل نمونه پارچه خام و پارچه دارای نانوذرات تاخیرانداز شعله [۱۰]

پوشش به شکل یک عایق حرارتی عمل می‌کند و در نتیجه از گسترش دود به شدت جلوگیری می‌شود.)

استفاده از نانوپودرها منجر به تسریع در ایجاد این پوشش سرامیکی می‌شود. به طوری که همزمان با تولید گازهای به دام افتاده، محصولات احتراقی و حباب‌های آب، به عنوان عایق حرارتی ثانوی عمل می‌نماید. شرکت I-can nano، رنگ‌هایی را بر پایه فناوری نانو عرضه کرده است که موجب به تأخیر انداختن آتش می‌شوند [۷]. از این رنگ‌ها به عنوان لایه نهایی محافظ و یا به‌تنهایی به صورت پوشش رویی برای دستیابی به سطح بالایی از محافظت در برابر آتش استفاده می‌شود. این رنگ‌ها برای دیواره‌های ضدحریق، سقف‌ها و دیگر ساختارها مناسب هستند.

- انطباق خوب با محیط‌زیست به علت عدم وجود هالوژن‌ها

از جمله مزیت‌های دیگر سیستم ضدحریق، انطباق خوب آن با محیط) بدون هالوژن، (Halogen-free و مقاومت بالا در برابر نور و سایش است [۷].

نانولوله‌های کربنی

محققان توانسته‌اند ویژگی‌های آتش‌گیری پلیمرها را با استفاده از نانولوله‌های کربنی تغییر دهند. این کار کمک بسیاری به حل مشکل سمیت مواد دفع‌کننده آتش خواهد کرد. به گزارش پایگاه اینترنتی فناوری نانو، تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که پرکننده‌های نانوذره‌ای هم موجب کاهش آتش‌گیری نانوکامپوزیت‌های پلیمری شده و هم استحکام مکانیکی آن‌ها را افزایش می‌دهند. همچنین نشان داده شده است که اگر نانولوله‌های کربنی به نحوی درون بستر پلیمری قرار بگیرند که یک ساختار شبکه‌ای فشرده تشکیل دهند، می‌توانند بیشتر از نانوذرات آتش‌گیری کامپوزیت‌ها را کاهش دهند. هم نانوذرات رس و هم نانولوله‌های کربنی موجب کاهش آتش‌گیری پلیمرها می‌شوند و وقتی هر کدام از آن‌ها به تنهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، دارای محدودیت‌هایی هستند؛

اما زمانی که از ترکیبی از این دو ماده استفاده می‌شود، اثرات هم‌افزایی جالب توجهی دیده می‌شود. پروفسور «ژانک پینک فنک» مدیر مؤسسه کامپوزیت‌های پلیمری در «دانشگاه ژجیانک» در مقاله‌ای در مجله "Nanotechnology" جزئیات این تحقیق را توضیح داده‌اند. وی می‌گوید: «توضیح معمول برای اثر هم‌افزایی میان رس و نانولوله‌های کربنی در جهت کاهش آتش‌گیری پلیمرها این است که نانولوله‌های کربنی پس از آغاز احتراق به عنوان یک درزگیر عمل کرده و از گسترش آتش جلوگیری می‌کند. وجود همزمان رس و نانولوله‌های کربنی چندجداره در نانوکامپوزیت می‌تواند باعث کاهش مؤثر فضا شده و ساختار شبکه‌ای نانولوله‌ها را بهبود بخشد و این امر موجب کاهش آتش‌گیری پلیمرها می‌شود.» [۸]

شرکت‌های ایرانی

کارخانه ایرانی شکوفه، پارچه‌های دارای ۹۰ درصد SiO_2 به عنوان عایق حرارت تولید می‌کند که این پارچه‌ها پس از قرار گرفتن در معرض دمای بالا (تا ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) انعطاف‌پذیری خود را حفظ می‌کنند، بسیار با دوام و مقاوم بوده و حفاظ بسیار مناسبی در برابر مذاب فلزات هستند. این پارچه‌ها مصارف زیادی در محافظت از شعله و حرارت دارند و به عنوان روکش‌های عایق قابل تعویض نیز استفاده می‌شوند. این پارچه‌ها توانایی مقاومت

در برابر درجه حرارت مداوم ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد و دمای لحظه‌ای ۱۴۰۰ درجه سانتی‌گراد دارند که همین امر آن‌ها را در تولید راکت و موشک صنایع هوا و فضا کاربردی کرده است. همچنین از این اقلام جهت تجهیزات آتش‌نشانی و نیز حفظ حرارت مواد استفاده می‌شود. این پارچه‌ها در پارچه‌های عروسک‌ها نیز می‌توانند استفاده شود [۹].

در پژوهشی، محققان دانشگاه کاشان نوعی نانوکامپوزیت‌های بر پایه سلولزاستات به همراه نانوذرات اکسید آنتیموان و تری کلروملامین سنتز کرده‌اند که دارای مکانیسم به تأخیراندازی شعله است بدین صورت که حتی اگر در برابر شعله بزرگ و دائمی مقاومت نکند، قطعاً سرعت انتشار آن را کاهش می‌دهد و زمان را برای نجات افراد و خاموش کردن آتش افزایش می‌دهد [۱۱].

شرکت‌های خارجی

یکی از شرکت‌های تولیدکننده پارچه‌های ضدحریق شرکت آلمانی نانوایکس است. الیاف پارچه‌های این شرکت دارای نانوذرات رس است که در مقابل حریق مقاوم است [۶].

جمع‌بندی

همواره مشکلات ناشی از آتش‌سوزی موردتوجه فعالان حوزه صنعت بوده است. این چالش‌ها زمانی حساس‌تر می‌شود که این خطرات متوجه گروه سنی کم و کودکان باشد که توانایی کنترل شرایط و فرار از محل آتش‌سوزی را ندارند. به همین دلیل فناوری نانو با تمرکز بر نانوذرات کاهنده خطر آتش‌گیری لوازم مورد استفاده کودکان، سعی بر کاهش نگرانی‌ها در این رابطه داشته است.

منابع

۱- The Harmful Chemical Lurking in Your Children's Toys, https://www.nytimes.com/2020/11/23/parenting/home-flame-retardants-dangers.html

۲- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌ها و روکش‌های ضدحریق،

http://indnano.ir/post/625

۳- Effect of nanoparticles on the improvement in fire-resistant and anti-ageing properties of flame-retardant coating, Z. Wang et al. / Surface & Coatings Technology 200 (2006) 5706-5716

۴- استفاده از فناوری نانو برای دیرسوزکردن پلیمرها،

https://rasekhoon.net/article/show/110741

۵- Effect of Nanoparticles on Flammability, UV Resistance, Biodegradability, and Chemical Resistance of Wood Polymer Nanocomposite, Ind. Eng. Chem. Res. 2012, 51, 11881-11891

۶- پروژه‌های عملیاتی فناوری نانو برای وزارت صنایع، مرتضی مغربی، علی عباسی، حسن پوی‌پوی، کارگروه آینده‌اندیشی دبیرخانه ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

۷- کاربرد نانورنگ‌ها، نانوپوشش‌ها و سازه‌های ضدحریق در صنعت ساختمان،

https://paper.nano.ir/1/3817

۸- استفاده از فناوری نانو برای کاهش آتش‌گیری پلیمرها،

https://www.irna.ir/news/10505737

۹- پارچه نسوز سیلیکا،

http://parscenter.com/Product/236170

۱۰- تحلیل نانو مواد در نساجی،

http://chap.sch.ir/sites/default/files/lbooks/97-98/219/127-174-C212790.pdf

۱۱-ماهنامه فناوری نانو،

www.nano.ir

نانوپوششی زیست‌سازگار برای محافظت از کالای ایرانی

تهیه‌کننده گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

هر کسی کو دور ماند از اصل خویش / باز جوید روزگار وصل خویش (مولانا)

آهن در «طبیعت» به صورت اکسیدی وجود دارد، اما در محصولات ساخت دست بشر، آهن به صورت غیراکسیدی به کار می‌رود از این رو آهن تمایل به زنگ زدن دارد و به دنبال بازگشت به «اصل خویش» است! از سوی دیگر تمام تلاش‌های صنعت‌گران در این است که از این بازگشتِ ناگزیر، جلوگیری کنند و مانع از زنگ زدن آهن شوند. یکی از راهکارهای قدیمی برای ممانعت از خوردگی آهن پوشش‌دهی آهن با رنگ است؛ اما رنگ‌ها هم در برخی موارد پاسخگوی نیاز صنعت نیستند. در محصولاتی که دوام بالا در آن‌ها اهمیت زیادی دارد، تنها رنگ زدن کافی نیست. خودرو و لوازم‌خانگی نظیر یخچال و کولر، محصولاتی هستند که باید علاوه بر رنگ، پوشش محافظ دیگری به عنوان پوشش میانی برای محافظت از آهن در آن‌ها به کار رود، در غیر این صورت بعد از چند سال حتی با وجود پوشش رنگی، آهن زیرلایه شروع به خوردگی کرده و به محصول آسیب می‌رسد. فناوری نانوی ایرانی، ضمن ارتقای کیفیت در این پوشش‌ها، مشکلات محیط‌زیستی پوشش‌های مرسوم را برطرف نموده است. همچنین این فناوری موجب کاهش مصرف آب در فرآیند تولید شده و در عین حال سرعت خط تولید را نیز افزایش داده است.

پوشش‌های صنعتی برای محافظت در برابر خوردگی

■ پوشش‌های فسفاته

در طول صد سال گذشته، صنعت از پوشش‌های فسفاته به عنوان لایه میانی استفاده می‌کند. پوشش‌دهی فسفاته، عملیاتی روی آهن، فولاد، فولاد گالوانیزه شده یا آلومینیوم، در محلول رقیق اسید فسفریک و دیگر ترکیبات است که در آن سطح فلز در محیط اسید فسفریک به طور شیمیایی فعال شده و به لایه‌ای محکم و تقریباً محافظ از کریستال‌های غیرقابل حل فسفات، تبدیل می‌شود. عملیات فسفاته بر روی سطوح فلزی، خواص فیزیکی و شیمیایی سطح فلز را تغییر می‌دهد و مقاومت در برابر عوامل خورنده، مقاومت سایشی سطح، چسبندگی رنگ و بسیاری خواص دیگر، تحت تأثیر این فرآیند بهبود می‌یابد. مبنای تولید پوشش فسفاته بر اساس غوطه‌وری قطعات فولادی در محلول رقیق اسید فسفریک و تشکیل لایه فسفات آهن است. پوشش‌های فسفاته به سه دسته آهن، روی و منگنز تقسیم‌بندی می‌شوند که هر یک ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود را دارند.

سیامک آطاهریان؛ مدیرعامل شرکت شیلر فرآیند پارس درباره این نوع پوشش‌های می‌گوید: «از ۱۵۰ سال پیش تاکنون از ترکیبات فسفاته به عنوان لایه میانی در صنعت استفاده می‌شود که معمولاً فسفاته‌های آهن و روی بیشترین سهم بازار را داشته است. فسفاته آهن مقاومت به خوردگی کمتری ایجاد می‌کند اما کار با آن ساده‌تر بوده و سهولت کاربرد آن برای صنعت جذابیت دارد؛ اما فسفاته‌های روی مقاومت به خوردگی بالاتری دارند و در صنایعی نظیر خودروسازی و لوازم‌خانگی استفاده از آن‌ها رایج است؛ اما این ترکیبات فسفاته هم از نظر مصرف انرژی و هم آلایندگی برای محیط‌زیست مشکلاتی برای صنایع به دنبال دارند، چراکه در آن‌ها از ترکیبات فلزات سنگین و عناصری نظیر نیکل و منگنز استفاده می‌شود.»

فرهنگ آزاد؛ مدیر مهندسی فروش شرکت شیلر فرآیند پارس می‌گوید: «پوشش‌های رایج در صنعت نظیر روی، نیکل، منگنز و فسفات، مشکلات محیط‌زیستی دارند. از سوی دیگر برای پوشش‌های رایج آب زیادی مصرف می‌شود؛ بنابراین از نقطه‌نظر مصرف آب نیز برای محیط‌زیست به ویژه نقاطی که با مشکل کم‌آبی روبه‌رو هستند، پوشش‌های فسفاته نامناسب است. در این روش‌ها رسوب و لجن زیادی تولید می‌شود و در نتیجه لازم است تا تجهیزات زیادی برای جداسازی رسوب‌ها از محلول استفاده شود.»

■ نانوپوشش‌های تبدیلی زیرکونیوم

پوشش‌های تبدیلی به پوشش‌هایی گفته می‌شود که بین سطح فلز و رنگ قرار می‌گیرند، در واقع این پوشش‌ها به عنوان پوشش میانی مورد استفاده قرار گرفته و دو مزیت را برای محصول نهایی به ارمغان می‌آورند. اولین مزیت این پوشش‌های تبدیلی ایجاد خاصیت مقاومت به خوردگی سطح فلز است و مزیت دوم بالا بردن میزان چسبندگی رنگ به سطح فلز است. شرکت شیلر فرآیند پارس اقدام به عرضه فناوری نانوپوشش‌های تبدیلی زیرکونیوم کرده است. پوشش‌های نانومتری زیرکونیومی دارای دو سطح هستند؛ یک سطح زیرین که با انجام یک واکنش شیمیایی به سطح زیرلایه می‌چسبد و دیگری سطح خارجی که دارای خلل و فرج است و موجب می‌شود لایهٔ بعدی که می‌تواند لایهٔ رنگ باشد، در این خلل و فرج نفوذ کرده و چسبندگی بسیار خوبی ایجاد کند. پوشش نهایی، اتصالی محکم با فلز پایه خواهد داشت و در آب و محیط واسط نامحلول خواهد بود. پوشش‌های تبدیلی پایه زیرکونیومی دارای مزیت‌های مهمی نسبت به فرآیندهای مرسومی چون فسفاته هستند. از آن جمله می‌توان به عدم حضور عناصر مضری همچون نیکل، کروم، فسفات، عدم ایجاد آلودگی‌های محیط‌زیست، مقاومت به خوردگی ایده‌آل و چسبندگی بهتر رنگ به زیرلایه را دارند. این نانوپوشش از مزایای مختلفی نظیر چسبندگی بالا، نیاز به مصرف ماده اولیه کمتر، امکان استفاده در دمای اتاق، بدون لجن، سازگار با محیط‌زیست و زمان کوتاه‌تر اعمال پوشش برخوردار است. فرآیند استفاده از این نانوپوشش عاری از لجن و رسوب است. این نانوپوشش برای اپراتورها و کارگران مناسب‌تر از پوشش‌های فسفاته است چراکه پرسنل با مواد سالم‌تری در تماس هستند و اثرات جانبی کمتری برای سلامت پرسنل دارند.

بهره‌برداران صنعتی

با توجه به طیف وسیع محصولات آهنی در صنعت، این نانوپوشش‌ها را می‌توان در صنایع مختلف از تولید رادیاتور

گرفته تا انواع لوازم خانگی مورد استفاده قرار داد. در حال حاضر از نانوپوشش‌های تبدیلی زیرکونیوم شرکت شیلر فرآیند در کارخانه‌های مختلفی برای تولید انواع محصولات از لباس‌شویی تا بخاری و کولر استفاده می‌شود.

■ تاش رادیاتور؛ ارتقا از رتبه C به B در اتلاف انرژی

شرکت تاش رادیاتور یکی از شرکت‌هایی است که تهدید به وجود آمده در خط تولید خود را به فرصت تازه‌ای برای بهبود فرآیند تبدیل کرد. محمدرضا مهرابی؛ مدیر کنترل کیفی و مهندسی شرکت تاش درباره به بن‌بست رسیدن یک فناوری آلمانی در سال‌های قبل می‌گوید: «از سال ۱۳۹۴ که شرکت تاش فعالیت خود را آغاز کرد، از فناوری یک شرکت آلمانی برای تأمین پوشش زیرلایه رنگ استفاده می‌کردیم. این شرکت آلمانی نوعی پوشش برای بهبود چسبندگی رنگ در اختیار ما قرار داد که برای انتقال این فناوری به ایران از یک شرکت ترکیه‌ای کمک گرفتیم. در واقع هم مواد و هم فناوری از خارج از ایران تأمین می‌شد، اما چند چالش جدی موجب شد تا مسیر کار ما تغییر کند. اولین مشکل وجود مسائل محیط‌زیستی در استفاده از این پوشش بود، چرا که در این پوشش ترکیباتی بود که آلودگی‌های محیط‌زیستی به همراه داشت. در کنار این موضوع، مشکل وجود لکه روی سطح مانعی بزرگ در مسیر تولید بود.»

مهرابی با اشاره به تعامل‌های طولانی و جلسات متعددی که با شرکت آلمانی برای حل این مشکلات گذاشته شده بود، می‌گوید: «پس از پایان بررسی‌های انجام شده توسط شرکت آلمانی، وجود املاح بالا در آب منطقه به عنوان دلیل وجود لکه روی سطح گزارش شد و این شرکت راهکار عملی مناسبی برای حل این مشکل ارائه نکرد و تنها پیشنهاد آن‌ها تغییر آب و استفاده از آب دیونیزه بود که بسیار هزینه‌بر و غیراقتصادی بود.»

با به بن‌بست رسیدن فناوری آلمانی و عدم انطباق آن با شرایط اقلیمی منطقه، شرکت تاش رادیاتور، در سال ۹۵ همکاری خود را با شرکت شیلر فرآیند پارس آغاز کرد. شرکت تاش رادیاتور، همکاری مشترک خود را با شرکت شیلر آغاز کرد تا بتواند مشکل زیرلایه رنگ را حل کند. با انجام یک دوره برنامهٔ تحقیق و توسعه، فناوری نانوپوشش زیرکونیومی شرکت شیلر برای پوشش‌دهی رادیاتورهای تاش به کار گرفته شد.

فرهنگ آزاد، مدیر مهندسی فروش شرکت شیلر فرآیند پارس، درباره این همکاری می‌گوید: «با همکاری مشترکی که با شرکت تاش انجام شد، نانوپوشش زیرکونیومی برای استفاده در رادیاتورهای شرکت تاش به کار گرفته شد. این پوشش ضخامت کمتری نسبت به رقیب آلمانی خود داشت و به همین دلیل انتقال حرارت در رادیاتور با کارایی بالاتری انجام می‌شود. رنگ‌های مورد استفاده در رادیاتورها در پایه اپوکسی بوده که خود نوعی عایق به‌شمار می‌رود؛ بنابراین کاهش ضخامت رنگ و زیرلایه می‌تواند به افزایش ضریب انتقال حرارت کمک کند و کارایی رادیاتور را افزایش دهد.»

پیش از استفاده از این نانوپوشش زیرکونیوم تولید داخل، رادیاتورهای تولید شده توسط شرکت تاش از نظر اتلاف انرژی در رده C دسته‌بندی می‌شد، اما با استفاده از این فناوری ایرانی و با کاهش ضخامت پوشش و رنگ روی رادیاتور، محصولات این شرک موفق به دریافت رتبه B در اتلاف انرژی شد که یک دستاورد بزرگ در حوزهٔ ساخت رادیاتور است. مهرابی دربارهٔ ادامهٔ برنامهٔ توسعه‌ای شرکت تاش می‌گوید: «بعد از استفاده از فناوری نانوپوشش زیرکونیومی، مشکل لکه روی پوشش‌ها کاملاً از بین رفت؛ بدون اینکه نیاز به تغییر آب باشد. در واقع این همکاری مشترک موجب شد تا فناوری بومی شده منطبق با شرایط اقلیمی منطقه‌ای که کارخانه در آنجا واقع شده، به‌دست آید. با توجه به این نتیجه جالب توجه، ما تصمیم گرفتیم رنگ مورد استفاده را نیز تغییر دهیم. از این رو فناوری رنگ‌های لایه نازک موسوم به تین کوت (thin coat) را مورد استفاده قرار دادیم. استفاده از این رنگ‌های لایه‌نازک نیز موجب شد تا ضخامت نهایی پوشش روی رادیاتور کاهش یابد و اتلاف حرارتی به حداقل برسد.»

این رادیاتورها در حال حاضر در کشورهای عراق و ترکیه نیز عرضه می‌شود و در چند پروژه شهرک‌سازی در اربیل عراق از این رادیاتورها استفاده شده است.

■ صنایع آلومرول نوین و صنایع آلومینیوم پردیس؛ ارتقای کیفیت پروفیل‌های آلومینیوم

شرکت آلومرول نوین و آلومینیوم پردیس نیز از بهره‌برداران فناوری شرکت شیلر فرآیند هستند. آن‌ها موفق به جایگزینی

نانوپوشش‌های تبدیلی زیرکونیومی به جای پوشش‌های تبدیلی کروماته رایج در صنعت آلومینیوم شده‌اند. با این کار مزیت رقابتی صنعت آلومینیوم کشور ارتقا یافته و قیمت نهایی محصول کاهش می‌یابد.

پوشش‌دهی تبدیلی کرومات یا کروماته کردن، نوعی از پوشش‌دهی است که با عملیات شیمیایی می‌توان ترکیبات فلزی نظیر اسید کرومیک ۶ ظرفیتی، کرومات یا دی کرومات روی سطح قرار داد. نتیجه چنین عملیاتی ایجاد پوشش محافظ تبدیلی، شامل ترکیبات کروم بر روی سطح فلز بوده که این روش برای چسبندگی رنگ و مقاومت خوردگی آلومینیوم انجام می‌شود. یکی از مشکلات رایج در این فرآیند، آلودگی‌های محیط‌زیستی در اثر استفاده از کروم ۶ ظرفیتی، اسیدنیتریک و سود سوزآور است. شرکت‌های تولیدکننده آلومینیوم باید تدابیر ویژه‌ای برای جلوگیری از آسیب به نیروی انسانی و همچنین ممانعت از آلودگی محیط‌زیست اتخاذ کنند که از جمله این اقدامات می‌توان به استفاده از پوشش تبدیلی زیرکونیوم اشاره کرد، همچنین اقدامات دیگری نظیر جایگزینی سود و اسید نیتریک (در دمای محیط و بدون افت وزن بار) قابل انجام است.

نانوپوشش شرکت شیلر فرآیند پارس به جای پوشش‌های کروماته رایج در صنعت آلومینیوم قابل استفاده است. رضا امیری؛ مدیر کارخانه آلومینیوم پردیس می‌گوید: «از سال ۹۵ با نانوپوشش تبدیلی شرکت شیلر فرآیند پارس آشنا شدیم از این‌رو تست‌های اولیه برای بررسی اثربخشی این فناوری روی پروفیل آلومینیوم رنگی آغاز شد. نتایج تست‌های سالت‌اسپری و تست‌های مکانیکی شامل خمش، ضربه و برش نشان داد که نانوپوشش تبدیلی شرکت شیلر می‌تواند جایگزین مناسبی برای پوشش‌های کروماته باشد. از این‌رو قراردادی برای خرید این محصول برای استفاده از این نانوپوشش‌ها با شرکت شیلر منعقد شد.»

مهندس امیری می‌افزاید: «بعد از اطمینان از عملکرد، این نانوپوشش وارد خط تولید شد به طوری که در ابتدا ۱۰۰ تن آلومینیوم در ماه با استفاده از این نانوپوشش تولید می‌شد که در ادامه، ظرفیت افزایش پیدا کرد و در حال حاضر ۸۰۰ تن پروفیل رنگ‌شده در ماه با این فناوری تولید می‌کنیم.»

مدیر کارخانه آلومینیوم پردیس درباره مزیت این فناوری می‌گوید: «اسید نیتریک، سود سوزآور و کروماته از جمله موادی هستند که به شدت برای نیروی انسانی و محیط‌زیست خطرناک بوده و این موضوع همیشه دغدغه‌های سازمان‌های نظارتی (محیط‌زیست) بوده است. ما به شدت برای جایگزینی این مواد تلاش می‌کردیم که این فناوری در نهایت پاسخگوی نیاز ما شد به طوری که بعد از جایگزینی این نانوپوشش و مواد زیرسازی آن موفق شدیم اسید نیتریک، سودسوزآور و کروماته را کاملاً از چرخه تولید خارج کنیم. با این کار مشکلات ایمنی کارگر و سمیت مواد در ملاحظات محیط‌زیستی را حل کردیم. البته این کار مزیت دیگری نیز داشت به این شکل که با حذف این مواد، چرخه تولید کوتاه‌تر شد و سرعت عمل افزایش پیدا کرد و ما توانستیم سرعت تولید را بیش از دو برابر افزایش دهیم. نکته جالب توجه دیگر این بود که با حذف برخی مواد شیمیایی و انرژی، هزینه کار نیز کاهش یافت که منجر به کاهش قیمت نهایی محصول و رقابت‌پذیرتر شدن محصولات ما در بازار داخل و خارج از کشور شد.»

رضا امیری درباره کیفیت این پوشش جدید می‌گوید: «در کنار مزیت‌های محیط‌زیستی، ارزان‌تر شدن و افزایش سرعت تولید، ما به کیفیت بالاتری از محصول نیز رسیدیم به‌طوری که در حال حاضر پرش رنگ در پروفیل‌های آلومینیوم تولیدشده وجود ندارد و رضایت بیشتری در مصرف‌کنندگان ایجاد شده است.»

فرهنگ آزاد؛ مدیر مهندسی فروش شرکت شیلر می‌گوید: «تا پیش از همکاری در این پروژه، بیشتر تمرکز ما روی پوشش‌دهی محصولات آهنی بود ولی در خصوص محصولات آلومینیومی برای تجاری‌سازی آن و اولین بار در کارخانجات آلومرول این مأموریت به خوبی انجام و در حال حاضر تعداد دیگری از شرکت‌ها هم به دنبال استفاده از این فناوری در کار رنگ‌آمیزی پروفیل‌های آلومینیومی خود هستند.»

■ پاکشوما، آبسال، امرسان، ایساتیس، اسنوا، بوتان

ماشین لباس‌شویی، یخچال، رادیاتور، بخاری، کولر و پکیج از جمله محصولاتی هستند که در حال حاضر توسط شرکت‌های بزرگ ایرانی پاکشوما، آبسال، امرسان، ایساتیس، اسنوا، بوتان تولید شده و در آن‌ها از فناوری نانوپوشش شرکت شیلرفرآیند استفاده می‌شود.

زنگ‌زدگی و خوردگی یکی از معضلات تولیدکنندگان محصولات

خانگی است. ماشین‌های ظرف‌شویی و لباس‌شویی شرکت پاکشوما از فناوری نانوپوشش برخوردار است که موجب شده تا این محصولات در محیط‌های خورنده نظیر آب‌وهوای مرطوب به ویژه نواحی که آب‌های شور در محیط به‌وفور یافت می‌شود، دوام و استحکام بالایی داشته باشند. پاکشوما از سال ۱۳۹۵ تاکنون از نانوپوشش تبدیلی زیرکونیومی شرکت شیلر فرآیند پارس استفاده می‌کند. پیش از پیاده‌سازی فناوری پوشش تبدیلی زیرکونیومی شرکت شیلر فرآیند پارس، پاکشوما برای پوشش‌دهی هر محصول نیاز به ۳ تا ۵ دقیقه زمان داشت که این کار سرعت خط تولید را در حد ۱٫۸ متر بر دقیقه محدود می‌کرد؛ اما استفاده از پوشش تبدیلی زیرکونیومی شرکت شیلر فرآیند پارس در این خط تولید، سرعت را چند برابر افزایش داده و در حال حاضر سرعت به ۴٫۲ متر بر دقیقه رسیده است؛ بنابراین برای تولید ۲۰۰۰ محصول که قبلاً ۲۴ ساعت زمان نیاز بود، در حال حاضر این کار در ۸ ساعت انجام می‌شود.

شرکت آبسال از سال ۱۳۹۷ در سه خط تولید محصولات خود یعنی بخاری، کولر و لباسشویی از پوشش تبدیلی زیرکونیومی شرکت شیلر فرآیند پارس استفاده می‌کند. با این کار میزان مصرف مواد پوشش‌دهی این شرکت به یک‌دهم کاهش یافته و مشکلات محیط‌زیستی محلول‌های فسفاته نیز رفع شده است.

شرکت امرسان برای تولید یخچال فریز، شرکت ایساتیس و بوتان برای تولید پکیج و شرکت اسنوا نیز برای انواع لوازم‌خانگی نظیر یخچال از فناوری نانوپوشش استفاده می‌کنند که تمام مزایای ذکر شده نظیر کمک به حفظ محیط‌زیست، ایجاد مقاومت به خوردگی بالا، مصرف کمتر ماده اولیه و سرعت بالاتر فرآیند تولید برای این شرکت‌ها به ارمغان آمده است.

در مجموع، هر جایی که نیاز به پوشش تبدیلی باشد و همچنین دوام بالای زیرلایه اولویت تولیدکننده باشد، نانوپوشش تبدیلی زیرکونیومی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در محصولاتی که در آن‌ها از آهن استفاده می‌شود، پیش از رنگ، معمولاً باید سطح آهن چربی‌زدایی شود تا برای ایجاد رنگ آماده شود، اما چربی‌زدایی موجب می‌شود که سطح آهن به صورت مستقیم در معرض اکسیژن هوا قرار گرفته و شروع به زنگ زدن کند. برای حل این مشکل پوشش‌های تبدیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد، پوشش‌هایی که مقاومت به خوردگی را افزایش می‌دهند و هم چسبندگی لایه رنگ را بیشتر می‌کند؛ بنابراین این نانوپوشش تبدیلی در صنایع می‌تواند بعد از تمیزکاری و چربی‌زدایی سطوح آهنی نیز قرار گیرد.

جمع‌بندی

از آنجایی که پوشش‌های فسفاته رایج در صنعت با مشکلاتی نظیر آلودگی محیط‌زیست مواجه هستند، لازم است یک جایگزین صنعتی مناسب برای این نوع پوشش‌ها در صنعت ارائه شود که نانوپوشش‌های تبدیلی زیرکونیوم یکی از این گزینه‌ها است. این نانوپوشش هم مقاومت به خوردگی محصول را افزایش می‌دهد و هم چسبندگی رنگ را به زیرلایه بهبود می‌دهد. این امر برای کالاهایی نظیر یخچال، بدنه خودرو و لباس‌شویی که دوام طولانی‌مدت دارند از اهمیت بالایی برخوردار است. استفاده از این فناوری در رادیاتورهای شرکت تاش علاوه بر مزیت‌های ذکر شده، تبادل حرارتی را نیز افزایش داده و موجب شده تا از نظر گرید صنعتی در بخش محصولات تاش رادیاتور ارتقای قابل توجهی پیدا کنند و رتبه B در اتلاف انرژی را کسب کنند. این نانوپوشش در کالاهای تولید شده در شرکت‌های بزرگ ایرانی نظیر پاکشوما، آبسال، امرسان، ایساتیس، اسنوا، بوتان استفاده شده که موجب افزایش سرعت خط تولید در این کارخانه‌ها شده است. این نانوپوشش امکان استفاده در صنایع مختلف را دارد.

معرفی شرکت شیلر فرآیند پارس

شرکت شیلر فرآیند پارس عضو گروه بین‌المللی شرکت‌های شیلر، تولید و عرضه‌کننده انواع شوینده‌های صنعتی و پوشش‌های سطحی است که با رعایت دقیق‌ترین استانداردهای روز جهان، از سال ۱۳۸۷ وارد عرصه تولید با نام تجاری شیلر شده است. در مرحله اول توسعه، با انتقال مکان کارخانه به فضایی با مساحت بالغ بر پنج هزار مترمربع و راه‌اندازی خطوط مختلف تولید در زمینه زیرسازی رنگ، آنادایز آلومینیوم، کشش مفتول و لوله و گالوانیزه سرد و گرم به بهره‌برداری رسید.

در حال حاضر شرکت شیلرفرآیند فناوری نانوپوشش‌های تبدیلی زیرکونیومی را توسعه داده که در کنار دیگر محصولات این شرکت نظیر چربی‌گیری گالوانیزه، سیلرها، ترکیبات آندایزینگ و انواع محافظت‌کننده، به ارتقای محصولات ایرانی کمک می‌کند.

کاربرد فناوری نانو در پوشش‌های عایق صوت و حرارت لوکوموتیو

تهیه‌کننده شرکت نوآوران صنعت و نانوفناوری معین

پوشش

پوشش، از نقطه‌نظر مهندسی سطح، لایه‌ای از مواد است که بر روی یک بستر قرار می‌گیرد تا خواص سطح برای محافظت در برابر خوردگی و سایش را افزایش دهد. عوامل مؤثر بر انتخاب یک پوشش شامل محیط، طول عمر، سازگاری مواد بستر، شکل و اندازه اجزا و هزینه است. بیشتر پوشش‌های سطحی که در صنعت به کار می‌روند، بر پایه پلیمرهای مصنوعی هستند، موادی که به صورت صنعتی تولید می‌شوند و از مولکول‌های بسیار بزرگ و اغلب به هم پیوسته تشکیل شده‌اند که هنگام اعمال بر روی سطوح، لایه‌های چسبنده، انعطاف‌پذیر و سخت را تشکیل می‌دهند. پوشش‌های سطحی مبتنی بر پلیمر را می‌توان به عنوان مواد کامپوزیتی دو فازی متشکل از رنگدانه و سایر مواد افزودنی پراکنده در یک زمینه پیوسته از پلیمر در نظر گرفت که رنگدانه سبب ایجاد رنگ و خواص دکوراتیو پوشش است و مواد افزودنی می‌توانند بسته به نیاز سبب ایجاد یا بهبود برخی خواص فیزیکی، شیمیایی یا مکانیکی در پوشش ایجاد شده شوند[۱].

عایق‌های صوتی

صدا از ارتعاش ماده ایجاد می‌شود و توسط موج صوتی تولید شده از طریق ارتعاش سمپاتیک محیط پخش می‌شود. زمانی که امواج صوتی ایجاد می‌شوند، بخشی از آن به تدریج پخش می‌شود و بخشی از آن به دلیل جذب توسط مولکول‌های هوا تضعیف می‌شود.

هنگامی که موج صوتی با سطح یک ماده برخورد می‌کند، بخشی از آن منعکس می‌شود، بخشی از آن از ماده عبور می‌کند و بقیه آن به ماده منتقل می‌شود. قسمتی از موج صوتی که به مواد منتقل می‌شود وارد منافذ مواد می‌شود و باعث ایجاد اصطکاک و مقاومت ویسکوزیته بین مولکول‌های هوا و دیواره منافذ می‌شود، بنابراین بخشی از انرژی صوتی به انرژی گرمایی تبدیل شده و از این طریق جذب می‌شود.

به‌طور کلی ضریب جذب صوت به عنوان شاخصی برای ارزیابی عملکرد جذب صدای یک ماده استفاده می‌شود. این نسبت انرژی صوتی جذب شده توسط یک ماده (E) به انرژی کلی صوتی است که قبلاً پخش شده (E_0) و به سطح ماده رسیده است که ضریب جذب صدا (α) نیز نامیده می‌شود. از نظر ریاضی ضریب جذب صدا به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$\alpha = E/E_0$$

ضریب جذب صدا به فرکانس صوت و جهت تابش صدا مربوط می‌شود. معمولاً شش فرکانس وجود دارد: ۱۲۵ هرتز، ۲۵۰ هرتز، ۵۰۰ هرتز، ۱۰۰۰ هرتز، ۲۰۰۰ هرتز و ۴۰۰۰ هرتز. هر ماده‌ای قادر به جذب صدا است. وجه تمایز این است که ظرفیت جذب آن‌ها تا حد زیادی متفاوت است. اگر میانگین ضریب جذب صوت (α) ماده‌ای در شش فرکانس ذکر شده در بالا بزرگ‌تر از ۰٫۲ باشد، ماده را ماده جاذب صدا می‌نامند.

هر ماده‌ای توانایی جذب صدا را دارد. چیزی که متفاوت است ظرفیت جذب صدا است. به طور کلی، مواد سخت، صاف، سنگین و دارای ساختار متراکم (مانند بتن ترازو، سنگ مرمر، بتن، سطح دیوار، رندر سیمان و غیره) دارای کیفیت جذب صدای ضعیف‌تر اما قدرت بازتاب قوی‌تر هستند، در حالی که مواد متخلخل خشن، سست و نرم با منافذ متقابل داخل و خارج (مانند پشم، الیاف حیوانی، پلاستیک‌های فوم و غیره)، عملکرد جذب صدای بهتر اما قدرت بازتاب ضعیف‌تری دارند.

سروصدای مداوم خطری برای سلامتی است و به همین دلیل کنترل آلودگی صوتی به یک زمینه مهم تحقیقاتی تبدیل شده است. به‌طور کلی، دو راه برای کنترل انتشار نویز وجود دارد. اولین راه کنترل فعال منابع نویز است. موادی می‌توانند سروصدا را در ماشین‌هایی که از طریق ارتعاش تولید صدا می‌کنند، کاهش دهند. این روش تا حدودی مؤثر بوده است، با این حال، کنترل تمام منابع نویز از ماشین‌ها غیرممکن است که کارایی این روش را محدود می‌کند. راه دوم روش غیرفعال است که شامل از بین بردن موج صوتی در حین انتقال آن با استفاده از مواد جاذب صوت است. عمده مواد جاذب صدا موادی سنگین و حجیم هستند و کاربری دشوار و ظرافت پایینی در اجرا دارند، ساخت مواد عایق صوتی سبک و نازک یک پیشرفت بزرگ خواهد بود چراکه استفاده از فضا و ظرافت در طراحی و ساخت را می‌توانند بهینه کند.[۲]

عایق‌های حرارتی

عایق‌سازی حرارتی فرآیند کاهش انتقال حرارت بین اجسام در تماس با منبع حرارتی یا محدوده تشعشع آن است. عایق‌های حرارتی از موادی با رسانایی حرارتی پایین تشکیل شده‌اند. عایق حرارتی را می‌توان با روش‌ها یا فرآیندهای مهندسی‌شده خاص و همچنین با اشکال و مواد مناسب به دست آورد.

از دیدگاه میکروسکوپی، انتقال انرژی حرارتی در جامدات ممکن است به دو دلیل باشد:

- مهاجرت الکترون‌های آزاد
- امواج ارتعاشی شبکه (Phonon)

هنگامی که الکترون‌ها و فونون‌ها (نوسان‌های هماهنگ همهٔ اتم‌ها در یک ساختار بلوری را فونون می‌گویند) انرژی گرمایی را حمل می‌کنند که منجر به انتقال گرما در یک جامد می‌شود، رسانایی گرمایی ممکن است به صورت زیر بیان شود:

$$K = K_e + K_{phn}$$

فلزات به طور کلی دارای رسانایی الکتریکی و هدایت حرارتی بالایی هستند. این خواص به ویژه از این واقعیت ناشی می‌شود که الکترون‌های بیرونی آن‌ها (الکترون‌های آزاد) نامستقر[۱] هستند. سهم آن‌ها در هدایت حرارتی بسیار زیاد است و به عنوان هدایت حرارتی الکترونیکی، K_e نامیده می‌شود. در نتیجه فلزات به جای عایق‌های حرارتی، رسانای حرارتی بسیار خوبی هستند.

برای جامدات غیرفلزی، K در درجه اول با K_{phn} تعیین می‌شود که با کاهش فرکانس برهمکنش بین اتم‌ها و شبکه افزایش می‌یابد. در واقع، هدایت حرارتی شبکه، مکانیسم هدایت حرارتی غالب در غیر فلزات است. در جامدات، اتم‌ها حول موقعیت‌های تعادلی خود (شبکه کریستالی) ارتعاش می‌کنند. ارتعاشات اتم‌ها مستقل از یکدیگر نیستند، بلکه به شدت بر اتم‌های مجاور تأثیر می‌گذارند. منظم بودن آرایش شبکه تأثیر مهمی بر K_{phn} دارد، به طوری که مواد کریستالی مانند کوارتز دارای رسانایی حرارتی بالاتری نسبت به مواد آمورف[۲] مانند شیشه هستند.

لازم به ذکر است که تلفات حرارتی از اجسام با حرارت بالاتر با سه مکانیسم (به صورت جداگانه یا ترکیبی) اتفاق می‌افتد:

- **انتقال حرارت:** هدایت حرارتی که رسانش گرما نیز نامیده می‌شود، در داخل یک جسم یا بین دو جسم در تماس بدون دخالت جریان جرم و اختلاط رخ می‌دهد. این تبادل مستقیم میکروسکوپی انرژی جنبشی ذرات از طریق مرز بین دو سیستم است.
- **همرفت حرارتی:** انتقال گرما به دلیل حرکت توده‌ای مولکول‌ها در سیالات مانند گازها و مایعات است. اگرچه مایعات و گازها به طور کلی رسانای گرما نیستند، اما می‌توانند گرما را با همرفت به سرعت انتقال دهند.
- **تابش حرارتی:** تابش حرارتی تابش الکترومغناطیسی در

ناحیه مادون‌قرمز طیف الکترومغناطیسی است، اگرچه برخی در ناحیه مرئی هستند.

پوشش‌های عایق صوت و حرارت

عایق‌کاری سطوح مختلف ساختمانی و تجهیزات، یکی از راه‌های جلوگیری از اتلاف انرژی و در نتیجه کاهش هزینه‌هاست. از طرفی به‌منظور جلوگیری از مزاحمت ایجاد شده توسط صدا در اتاق‌های کناری یا فوقانی ساختمان‌ها و سازه‌های صنعتی و همچنین صنایع حمل‌ونقل مانند کشتی، قطار و خودرو، ممانعت از انتقال صدا در طراحی و ساخت حائز اهمیت است. علاوه بر استفاده از سقف یا دیوار بتنی با ضخامت زیاد یا عایق‌هایی مانند پشم‌شیشه یا استفاده از لرزش‌گیرهای لاستیکی به‌منظور کاهش تلفات حرارتی و صوتی، استفاده از پوشش‌های عایق روشی نوین است. امروزه رنگ عایق حرارتی هدایت حرارتی را کاهش می‌دهد و رنگ‌های عایق صدا به گونه‌ای طراحی شده‌اند که با ضخامت بسیار کم اعمال می‌شوند اما قدرت مستهلک کردن دامنه وسیعی از ارتعاشات صوتی را دارند. برتری بزرگ دیگر این نوع پوشش‌ها ضخامت و دانسیته کم پوشش است که موجب می‌شود بار مرده کمتری بر سازه اعمال شود و فضای کمتری را اشغال کند. این موضوع در صنایع حمل‌ونقل فاکتور بسیار مهمی به حساب می‌آید. همچنین به دلیل اینکه پوشش رزینی الاستومری هستند نقش حفاظتی نیز ایفا می‌کنند و از فلزات در مقابل شرایط جوی مختلف محافظت می‌کند[۳]. با توجه به مزایای یاد شده استفاده از پوشش‌ها یا رنگ‌های عایق صوت و حرارت در صنعت ریلی نیز مورد توجه قرار گرفته است.

رنگ لوکوموتیو

تمام رنگ‌ها از رنگدانه، رزین و حلال تشکیل شده است. رزین ماده پوشش است در حالی که رنگدانه‌ها رنگ را تعیین می‌کنند و حلال‌ها رنگ را به ویسکوزیته قابل اجرا کاهش می‌دهند. با توجه به این فرمول اساسی برای رنگ، راه‌های مختلفی برای تولید رنگ‌های مفید وجود دارد و از این طریق انواع رنگ‌هایی که برای استفاده در واگن راه‌آهن مناسب هستند، به‌دست می‌آید. نوع رنگ مورد استفاده به کاربرد خاص آن بستگی دارد. جدول ۱ تعداد زیادی از رنگ‌های موجود برای لوکوموتیو را فهرست کرده و برخی از ویژگی‌های آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- رنگ‌های رایج به‌کار رفته در واگن‌های قطار

رنگ	اجزا	ملاحضات
اپوکسی	اپوکسی رزین کاتالیز شده MEK (متیل اتیل کتون) یا دیگر محلول‌های کتونی	■ سخت، نفوذناپذیر، دوام طولانی‌مدت، مقاومت طولانی‌مدت در برابر حلال، مواد شیمیایی و سایش. ■ برای بتونه‌کاری و سطح کاری تحت پوشش‌های با کارایی بالا استفاده می‌شود. ■ ساخت بالا (High-build) می‌تواند بی‌نظمی‌ها و گودال‌های کوچک سطح را پر کند.
پلی‌اورتان	رزین‌های پلی‌استر آلیفاتیک دوجزئی (که توسط ایزوسیانت‌ها به هم متصل می‌شوند)	■ پرداخت سخت و فوق‌العاده براق مقاومت بالا در برابر خوردگی و شیمیایی ■ بسیار مقاوم در برابر ضربه و سایش ■ طولانی‌ترین ماندگاری محصول انتخابی در صنعت حمل‌ونقل

ادامه جدول ۱- رنگ‌های رایج به‌کار رفته در واگن‌های قطار

رنگ	اجزا	ملاحضات
اِنامل آکریلیک	مشابه مینای آلکیدی است اما با رزین آکریلیک اصلاح شده است	با تبخیر حلال خشک می‌شود، در صورت خشک شدن چسبناک نیست و با جذب اکسیژن خشک می‌شود.
اِنامل آلکید صنعتی	رزین آلکید VM&P Naptha و حلال Stoddard	فیلم‌های سخت و انعطاف‌پذیر با حفظ رنگ و جلای عالی. با تبخیر حلال خشک می‌شود، وقتی خشک می‌شود چسبناک است. در محیط‌های ملایم تا متوسط استفاده می‌شود. پوشش دوره‌ای مجدد ضروری است.
اِنامل آلکید معماری	حلال رزین آلکیدی Stoddard	اِنامل داخلی آلکیدی را می‌توان در فضای داخلی تجهیزات استفاده کرد و نتایج عالی را به همراه داشت.
پرایمر	فرموله‌شده برای بیشترین چسبندگی به بستر زیرین	می‌تواند اپوکسی، آلکید یا آکریلیک باشد. رنگ‌های ویژه‌ای مانند روی-سلنیوم برای حفاظت کاتدی، روی-کرومات برای آلومینیوم و غیره برای حل مشکلات خاص موجود است.
پرایمر قرمز ضدرطوبت Rustoleum	رزین آلکیدی، روغن ماهی و حلال VM&P Naptha	فقط روی فولاد زنگ‌زده استفاده می‌شود. روغن ماهی به فلز زنگ زده نفوذ می‌کند و هوا/ رطوبت را خارج می‌کند. محکم می‌چسبد تا زنگ بزند. ممکن است روی سطوح کمی مرطوب اعمال شود.
سرفیسر [۳]	فرموله شده برای سنباده زدن	می‌تواند اپوکسی، آلکیدی یا پلی‌اورتان باشد. سرفیسرها معمولاً با پرداخت‌های خودرو استفاده می‌شوند. یک اپوکسی ساخت بالا را می‌توان در نمای بیرونی تجهیزات راه‌آهن استفاده کرد.
اپوکسی آکریلیک	رزین اپوکسی آکریلیک کاتالیز شده در حلال آبی	خشک‌کننده سریع، سمیت و بوی کم حتی در مناطق بسته، تمیز کردن آسان با آب و صابون و پایه‌ای عالی برای روکش‌های با کارایی بالا.

پارامترهایی که برای انتخاب رنگ بدنه لوکوموتیو ضروری است عبارتند از: محافظت در برابر خوردگی و سایش شدید، طول عمر بالا، مقاومت در برابر محو شدن، سهولت کاربری (حداقل آماده‌سازی سطح) و هزینه کم. در واقع برآوردن همه این معیارها ممکن نیست، اما نزدیک شدن به آن ممکن است[۴].

کاربرد فناوری نانو در پوشش‌های عایق صوت و حرارت

امروزه با توسعه علم نانو و ورود آن به حوزه پوشش‌ها شاهد استفاده فراوان آن‌ها در صنایع و کاربری‌های مختلف هستیم. در

به‌کاررفته در صنعت پوشش، پوشش‌های پلیمری هستند، از طرف دیگر در جدول ۱ مشاهده کردیم که عمده رنگ‌هایی نیز که برای پوشش بیرونی لوکوموتیوها مورد استفاده قرار می‌گیرند پایه پلیمری دارند و باید اشاره کرد که ورود علم نانو به پوشش‌های پلیمری اصطلاحی به نام پوشش‌های پلیمری نانوکامپوزیتی (ماتریس پلیمری که نانومواد مختلف به عنوان افزودنی برای بهبود برخی خواص نظیر خواص الکتریکی، حرارتی، آکوستیک[۴]، مکانیکی و غیره در آن پخش شده‌اند) را وارد این حوزه کرده است که در ادامه به بررسی نقش نانو در خواص حرارتی و آکوستیک این پوشش‌های پلیمری خواهیم پرداخت.

تاثیر نانومواد بر خواص حرارتی پوشش‌های پلیمری نانوکامپوزیتی

ویژگی‌های حرارتی پلیمرها، به دلیل اینکه می‌توانند بر ویژگی‌های مختلف دیگر مانند خواص الکتریکی و مکانیکی نیز تأثیر بگذارند، مهم‌ترین ویژگی برای توصیف ماهیت پلیمرها هستند. ویژگی‌های حرارتی را می‌توان به طور کلی به رفتار حرارتی (تغییر حالت به دلیل تغییر دما)، خواص حرارتی (خواص مربوط به گرما از جمله انتقال حرارت و انبساط حرارتی) و مقاومت حرارتی (خواص مربوط به پایداری حرارتی) طبقه‌بندی کرد. خواص معمولی هر مشخصه در جدول ۲ فهرست شده است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که ویژگی‌های حرارتی پلیمرها در نتیجه

جدول ۲- مشخصه و ویژگی‌های حرارتی پلیمرها

مشخصه‌های حرارتی	ویژگی‌ها
رفتار حرارتی (تغییر فاز به دلیل تغیر دما)	■ دمای انتقال شیشه T_g ■ نقطه ذوب ■ دمای کریستاله شدن
ویژگی‌های حرارتی (ویژگی‌های مربوط به انتقال دما و انبساط حرارتی)	■ دمای ویژه ■ رسانایی دمایی ■ ثابت انبساط دمایی
مقاومت حرارتی (ویژگی‌های مربوط به پایداری حرارتی)	■ دمای تجزیه حرارتی ■ کاهش وزن بر اثر حرارت ■ دمای انحراف تحت بار ■ دمای سرویس مداوم

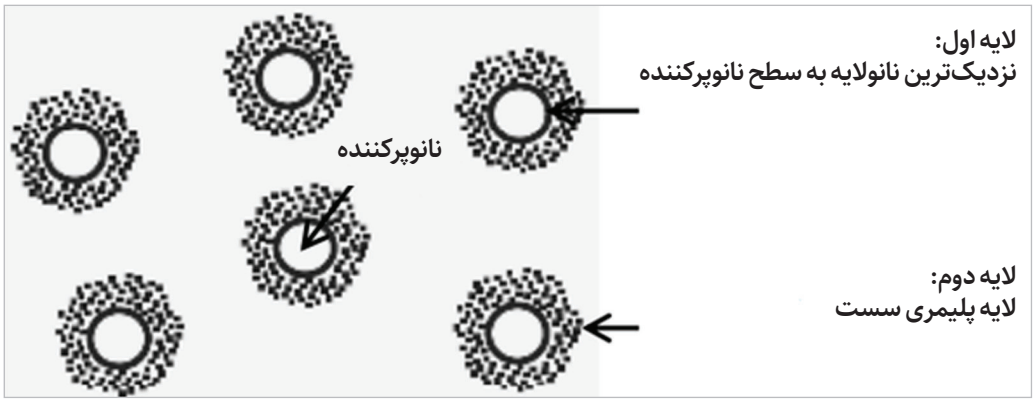
گنجاندن چند درصد وزنی از نانوپرکننده در آن‌ها تغییر می‌کند[۵]. از این رو بررسی تأثیر نانوپرکننده‌ها بر ویژگی‌های حرارتی (به‌ویژه رسانایی دمایی) پلیمرها به‌عنوان مواد عایق ضروری است.

همانطور که در بحث عایق‌های حرارتی اشاره شد رسانایی گرمایی از طریق الکترون‌های آزاد لایه بیرونی و ارتعاشات مولکولی در شبکه ماتریس (فونون) صورت می‌پذیرد. پلیمرها فاقد الکترون آزاد بوده و رسانایی دمایی آن‌ها محدود به فونون‌ها است ($K = K_{phn}$). بنابراین هر عاملی که سبب استحکام مولکول‌های پلیمر در جای خود شود سبب کاهش ارتعاشات مولکولی در شبکه پلیمری، کاهش رسانایی حرارتی و در نتیجه بهبود عملکرد پلیمر به‌عنوان عایق حرارتی می‌شود. در ادامه به توضیح نقش نانوپرکننده‌ها در کاهش رسانایی حرارتی نانوکامپوزیت‌های پلیمری می‌پردازیم.

انواع واکنش‌های سطحی جذبی، دفعی و خنثی می‌تواند بین نانوپرکننده‌ها و پلیمرها رخ دهد. ویژگی‌های حرارتی پلیمرها را می‌توان با این فعل‌وانفعالات تغییر داد. شکل ۲ برهمکنش‌های سطحی نظری بین یک پلیمر معمولی (رزین اپوکسی) و نانوپرکننده را نشان می‌دهد. فرض بر این است که اولین نانولایه که نزدیک‌ترین سطح به سطح نانوپرکننده (داخلی‌ترین نانولایه) است، محکم به سطح متصل است و در نتیجه زنجیره‌های پلیمری در آنجا بسیار

بی‌حرکت هستند. نانولایه پلیمری دوم کمی ضخیم‌تر از لایه اول است و شامل زنجیره‌های پلیمری است که به صورت سست به هم متصل شده‌اند. با افزایش غلظت پرکننده، فاصله بین ذرات شروع به کاهش می‌کند که می‌تواند باعث همپوشانی نواحی پلیمری بی‌حرکت در اطراف نانوپرکننده‌ها شود. این افزایش در حجم نواحی پلیمری بی‌حرکت روی هم در نانوکامپوزیت‌ها، دمای انتقال شیشه‌ای و دمای تخریب حرارتی را افزایش و رسانایی حرارتی را کاهش می‌دهد که سبب بهبود عملکرد پلیمر به عنوان عایق حرارتی می‌شود؛ بنابراین، فعل‌وانفعالات سطحی بین زنجیره‌های پلیمری و نانوپرکننده منجر به تشکیل دو لایه در اطراف نانوپرکننده می‌شود و نانولایه پلیمری با اتصال آزاد خارجی باعث تغییر ویژگی‌های حرارتی می‌شود. نوع نانوماده به‌کار رفته، غلظت نانوپرکننده، میزان پراکندگی نانوپرکننده در ماتریس پلیمری خواص سطح و در نهایت نوع پلیمر به‌کار رفته می‌توانند خواص حرارتی مانند رسانایی گرمایی در نانوکامپوزیت را تعیین کنند[۵].

علاوه بر مکانیسم بالا در توجیه کاهش رسانایی حرارتی



شکل ۲- مدل دولایه‌ای نانوکامپوزیت‌ها

نانوکامپوزیت‌های پلیمری همانطور که در بحث عایق‌های حرارتی اشاره شد شکل و ساختار منظم شبکه نیز در رسانایی حرارتی نقش دارد. نانوذرات در ماتریس پلیمری با بالا بردن درجه کراس لینک[۵] در شبکه پلیمر (شکل ۳) بی‌نظمی را افزایش می‌دهند و باعث ایجاد ساختارهای متخلخل[۶] در شبکه پلیمری میزبان خود می‌شوند (شکل ۴) که این عوامل باعث کاهش رسانایی حرارتی و در نتیجه بهبود عملکرد نانوکامپوزیت‌ها به‌عنوان عایق‌های حرارتی می‌شوند.

تأثیر نانومواد بر خواص آکوستیک پوشش‌های پلیمری

هنگامی که انرژی صوتی به سطح صاف ماده کامپوزیت می‌رسد، بخشی از انرژی صوتی کاملاً منعکس می‌شود و به داخل ماده نفوذ نمی‌کند. بخش دیگر انرژی صوت به ارتعاش مکانیکی تبدیل شده و به کامپوزیت نفوذ می‌کند، بنابراین انرژی صوتی کاهش می‌یابد. دلایل مختلفی برای توضیح پراکندگی انرژی صوتی کامپوزیت‌ها وجود دارد:

اول اینکه، چگالی پیوند متقابل[۷] ماتریس به دلیل اضافه شدن پرکننده‌های نانو کاهش می‌یابد. چگالی پیوند متقابل کمتر ماتریس می‌تواند خاصیت میرایی[۸] را بهبود بخشد در نتیجه ماتریس به‌گونه مؤثرتری انرژی ارتعاش مکانیکی را جذب می‌کند و مقداری از انرژی صوتی را از بین می‌برد.[۶-۸]

ثانیاً، مسیری که از طریق آن ارتعاش مکانیکی در کامپوزیت منتشر می‌شود نیز نقش مهمی ایفا می‌کند. سطح مشترک بین نانوذرات و ماتریس پلیمر و سطح مشترک بین نانوذرات و هوای محبوس شده در ماتریس می‌توانند انرژی امواج صوتی را پراکنده و بشکنند.

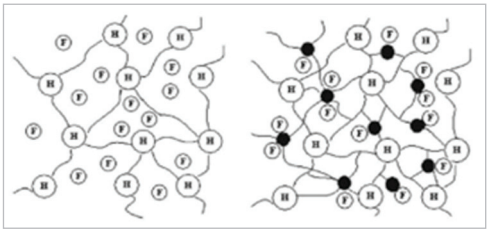
ثالثاً، در صورتی که نانوذرات قابلیت محبوس کردن هوا درون خود را داشته باشند (مثل نانولوله‌ها) هوای داخل حفره داخلی در فضای کوچکی محصور شده و نمی‌تواند آزادانه حرکت کند که این امر باعث شکسته شدن امواج صوتی در نانوکامپوزیت می‌شود.

در بررسی خواص آکوستیک پارامتری وجود دارد به نام STL[۹] یا هدر رفت انتقال صدا که مقدار آن با ضخامت کامپوزیت رابطه مستقیم دارد و هرچه ماده‌ای ضخیم‌تر باشد مقدار STL آن نیز بیشتر می‌شود.

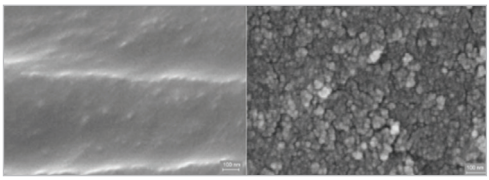
زمانی که ضخامت کامپوزیت‌ها ثابت است، یک پرکننده نانو نقش مهمی در تغییر مقدار STL کامپوزیت‌ها ایفا می‌کند. انرژی

صوتی باید از سطح مشترک بین نانوپرکننده و ماتریس پلیمر و سطح مشترک بین هوا و نانوپرکننده عبور کند. در نتیجه وجود نانوذرات باعث می‌شود امواج صوتی مجبور به عبور از سطوح مشترک بیشتری در شبکه نانوکامپوزیتی شوند که این امر باعث شکست و پراکندگی بیشتر امواج، افزایش STL و در نتیجه بهبود عملکرد نانوکامپوزیت به‌عنوان عایق صدا می‌شود[۹].

تولیدکنندگان داخلی



شکل ۳- شماتیک ساختار کراس‌لینک در نانوکامپوزیت‌ها
(خطوط خمیده: پلیمر- نقاط سیاه: نانوذره- H: سخت‌کننده- F: منعطف‌کننده.)



شکل ۴- تصویر SEM از پلیمر با غلظت کم نانوپرکننده (چپ) و پلیمر با غلظت زیاد نانوپرکننده (راست)

در ایران شرکت مهندسی شیمی و رنگ‌سازی نیلی فام اقدام به تولید پوشش عایق صوت و حرارت برای لوکوموتیو کرده است.

■ **شرکت مهندسی شیمیایی و رنگ‌سازی نیلی‌فام**

شرکت مهندسی شیمیایی و رنگ‌سازی نیلی‌فام ری در سال ۱۳۸۱ با هدف تولید انواع رنگ‌های صنعتی با ظرفیت ۶۵۰۰ تن در سال ۱۳۸۱، به بهره‌برداری رسید.(www.nilifam.com)

محصول تولیدی این شرکت یک رزین آکریلیک پایه آب با پرکننده‌های معدنی متخلخل و مواد آلومینیومی است. از ویژگی‌های این محصول مقاومت غیرسمی در برابر حرارت و صدا (ظرفیت میرایی بالا)، اشتعال‌پذیری کم، مقاومت در برابر رطوبت بالا، ضخامت کم، چسبندگی مناسب به سطوح فولاد کربنی، فولاد ضدزنگ و آلومینیوم، آنودایز[۱۰] ارزان، استفاده آسان، خشک شدن سریع و... است. با افزودن نانوصفحات به رنگ، مقاومت به حرارت و صوت تا حد چشم‌گیری بهبود یافته است. مکانیزم عملکرد این پوشش‌ها شامل دو پدیده انتقال حرارت و همچنین انعکاس انرژی حرارتی به داخل محیط و همچنین انحراف موج صوتی توسط نانوصفحات است.

بازار جهانی پوشش‌های عایق

پیش‌بینی می‌شود اندازه بازار پوشش‌های عایق تا سال ۲۰۲۵ به ۱۱٫۳ میلیارد دلار برسد. نرخ رشد سالانه مرکب ۵٫۸ درصد بین سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۵ قابل‌انتظار است. حفاظت از تجهیزات، خطوط لوله و سایر اجزا در برابر محیط‌های خشن از محرک‌های اصلی بازار جهانی پوشش‌های عایق در طول دوره پیش‌بینی شده است.

■ **بخش آکریلیک بزرگ‌ترین نوع بازار پوشش‌های عایق است**

پوشش‌های عایق مبتنی بر آکریلیک، پوشش‌های آبی هستند و بیشترین سهم را در بازار کلی پوشش‌های عایق به خود اختصاص می‌دهند. پوشش‌های عایق مبتنی بر آکریلیک جایگزینی ایده‌آل برای مواد عایق سنتی هستند و به دلیل سهولت در نگهداری و قابلیت جلوگیری از CUI[11] استفاده می‌شوند. این پوشش‌ها را می‌توان با تجهیزات اسپری کاربرپسند اجرا کرد و برای کاربردهای دمایی تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد مناسب هستند. پوشش‌های عایق آکریلیک مبتنی بر آب می‌توانند در دماهای تا ۱۷۷ درجه سانتی‌گراد کار کنند.

■ **بخش صنعتی سریع‌ترین رشد را در صنعت پوشش‌های عایق دارد**

بر اساس استفاده نهایی در صنعت، بازار پوشش‌های عایق به پنج بخش اصلی صنعتی، ساختمانی، هوافضا، خودروسازی، دریایی و غیره طبقه‌بندی می‌شود. بخش صنعتی بزرگ‌ترین صنعت استفاده نهایی برای پوشش‌های عایق است. در بخش صنعتی، عایق‌های حرارتی بیشترین استفاده را دارند. انتظار می‌رود این پوشش‌ها از آسیب‌های ناشی از گرما در محیط کار جلوگیری کنند. کاهش اتلاف گرما از ماشین‌آلات صنعتی دمای مناسبی را در محل کار برای کارگران حفظ می‌کند. پوشش حرارتی همچنین به حفظ مواد شیمیایی در دمای خاص کمک می‌کند.

■ **پویایی بازار پوشش‌های عایق**

نیاز روزافزون به عایق حرارت، الکتریسیته و صدا در صنایع مختلف و نیاز روزافزون به عایق‌سازی بسترها برای حفاظت و افزایش عملکرد، تقاضا برای پوشش‌های عایق را افزایش می‌دهد. پوشش‌های عایق حرارتی نه تنها محافظت/عایق در برابر گرما را

ارائه می‌دهند بلکه به صرفه‌جویی در انرژی نیز کمک می‌کنند.

اجرای مقررات مختلف باعث افزایش مصرف پوشش‌های عایق می‌شود

انتظار می‌رود اجرای مقررات و دستورالعمل‌های مختلف تقاضا برای پوشش‌های عایق را افزایش دهد. آژانس حفاظت از محیط‌زیست ایالات‌متحده (EPA[12]) مقرراتی دارد که بر کارایی وسایل نقلیه خودرویی حاکم است. بهبود عملکرد موردنیاز وسایل نقلیه جدید، استفاده از پوشش‌های عایق را تشویق کرده است که به بهره‌وری انرژی کمک می‌کند.

محدودیت‌ها: قیمت نسبتاً بالای پوشش‌های عایق

هزینه پوشش‌های عایق از آماده‌سازی سطح برای جلوگیری از خوردگی قبل از اجرا بالاتر است که این عامل سبب محدودیت استفاده از پوشش‌های عایق شده و افزایش تقاضا برای عایق‌های سنتی را افزایش داده است زیرا مقرون به‌صرفه‌تر هستند.

فرصت‌ها: رشد صنایع استفاده‌کننده نهایی در بازارهای نوظهور

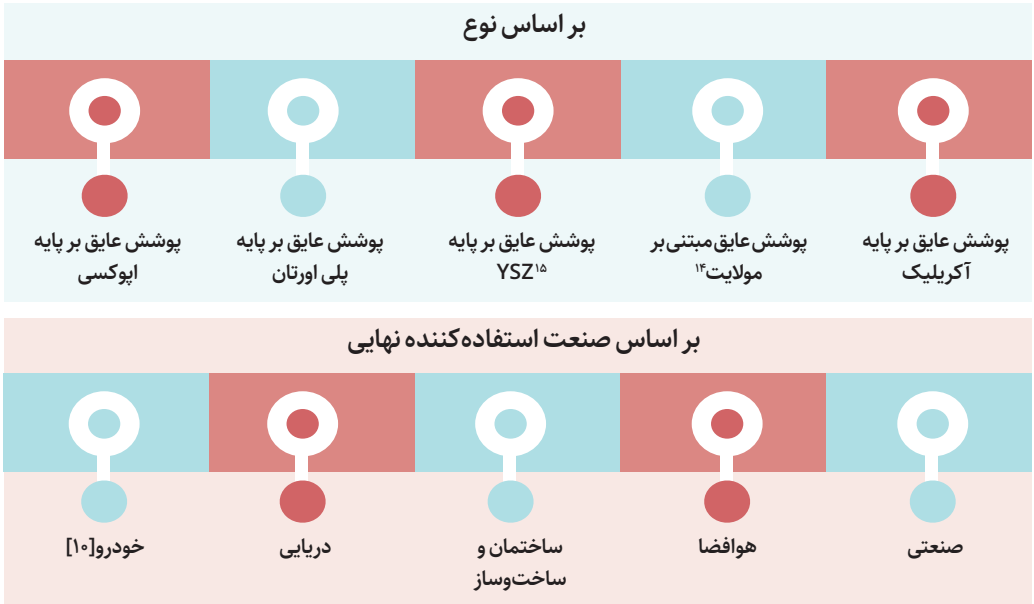
افزایش جمعیت و صنعتی شدن سریع در اقتصادهای نوظهور آسیا اقیانوسیه، خاورمیانه و آفریقا باعث افزایش بازده تولید شده که منجر به افزایش مصرف مصالح ساختمانی و خودرو می‌شود. انتظار می‌رود این روند بازار پوشش‌های عایق را به حرکت درآورد. انتظار می‌رود مقررات محیط‌زیستی در مورد ترکیبات آلی فرار (VOC[13]) در پوشش‌ها در طول دوره پیش‌بینی در کشورهای آسیایی سخت‌گیرانه‌تر باشد. توسعه محصولات سازگار با محیط‌زیست برای برآوردن این الزامات خاص می‌تواند تقاضا را بیشتر افزایش دهد.

چالش‌ها: رقابت با عایق‌های سنتی

از سیستم‌های عایق سنتی مانند فایبرگلاس و پشم معدنی در صنایع مختلف استفاده می‌شود و ثابت شده است که عملکرد بهتری نسبت به پوشش عایق دارند؛ بنابراین تولیدکنندگان پوشش برای رقابت با این مواد نیاز به تولید محصولاتی با قابلیت‌های عایقی برتر دارند.

پوشش‌های عایق موجود نسبتاً گران هستند. فناوری مورد استفاده برای به کاربرد بردن پوشش نیز گران است که هزینه کل فرآیند پوشش را بالا می‌برد. توسعه پوشش عایق ارزان به کاهش هزینه کلی پوشش و افزایش جذابیت بازار کمک می‌کند. در حال حاضر هیچ محصول مقرون‌به‌صرفه‌ای در بازار وجود ندارد که دارای سطح کارایی مشابه با مواد عایق سنتی باشد؛ بنابراین توسعه یک پوشش مقرون‌به‌صرفه یک چالش برای بازار است.

در ادامه به طبقه‌بندی بازار پوشش‌های عایق بر اساس نوع، صنعت استفاده نهایی و منطقه می‌پردازیم.



پی‌نوشت‌ها

۱- Delocalized
۲- Amorph
۳- Surfacer
۴- Acoustic
۵- Cross-link
۶- Mesoporous
۷- Cross-linking density
۸- Damping
۹- Sound transmission loss
۱۰- Anodizer
۱۱- Corrosion under insulation
۱۲- Environmental Protection Agency
۱۳- Volatile organic compound
۱۴- Mullite
۱۵- Yttria-stabilized zirconia

منابع

۱- britanica. surface coating. 2016;
Available from: https://www.britannica.com/technology/surface-coating.

۲- sound absorption.
Available from: https://www.sciencedirect.com

۳- Acoustic and thermal insulation.
Available from: https://nanoproduct.ir/product/3421

۴- DWide, E. Painting Railway Equipment. 1998;
Available from: http://www.gntrains.com/Documents/Paint.pdf.

۵- DTanaka, T. and T. Imai, Advanced nanodielectrics: fundamentals and applications. 2017: CRC press.

۶-DGao, Y., et al., Effect of montmorillonite on carboxylated styrene butadiene rubber/hindered phenol damping material with improved extraction resistance. Materials & Design, 2014. 58: p. 316-323.

۷- DWu, D., et al., Effect of epoxy resin on the thermal behaviors and viscoelastic properties of poly (phenylene sulfide). Materials Chemistry and Physics, 2011. 128(1-2): p. 274-282.

۸- DTcherbi-Narteh, A., et al., Viscoelastic and thermal properties of full and partially cured DGEBA epoxy resin composites modified with montmorillonite nanoclay exposed to UV radiation. Polymer degradation and stability, 2014. 101: p. 81-91.

۹- DShi, X., et al., Novel sound insulation materials based on epoxy/hollow silica nanotubes composites. Composites Part B: Engineering, 2017. 131: p. 125-133.

۱۰- DInsulation coating market.
Available from: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/insulationcoatings-market-26484290.html.

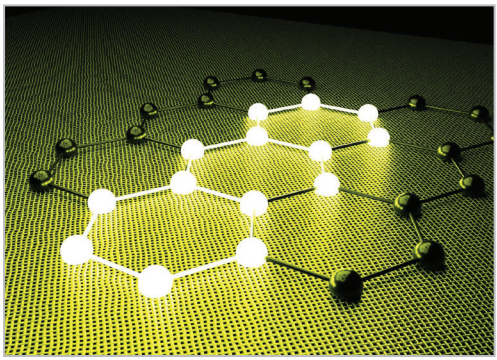
استفاده صنعتی از جوهر گرافنی در رادیاتورهای گرمایشی

شرکت هایدال (Haydale) اعلام کرد که با همکاری کادنت گاز (Cadent Gas) به دنبال تولید رادیاتورهای کم مصرفی است که در آن از جوهر گرافنی استفاده شده است.

این پروژه سه مرحله‌ای ۳۵۰،۰۰۰ پوندی برای ۱۲ ماهه اجرا خواهد شد و هدف آن تهیه یک محصول آزمایش شده و معتبر آماده ورود به بازار است که می‌تواند به عنوان یک جایگزین مقرون‌به‌صرفه برای مشتریان کادنت گاز در هنگام قطع عرضه گاز باشد.

پس از ادامه موفقیت در توسعه آب‌گرم‌کن‌های کم‌مصرف مجهز به باتری، این دو شرکت هدف جدیدی را تعریف کرده‌اند. آن‌ها به دنبال ارائه رادیاتورهای کم‌مصرف برای استفاده در ساختمان‌های مسکونی هستند.

در حال حاضر، تهیه بخاری فن‌دار یا رادیاتورهای پر از روغن به مشتریان اولویت‌دار یا کسانی که در شرایط آسیب‌پذیرپذیری هستند، بدون تأمین گاز، می‌تواند گران‌قیمت و چالش‌برانگیز باشد، به ویژه برای کسانی که دچار مشکلات سلامتی، سالمندان یا مشتریان معلول هستند. بنابراین کادنت گاز به دنبال یک



راه‌حل نسل بعدی برای تهیه یک منبع گرمای جایگزین است که به‌راحتی قابل مدیریت است و تضمین می‌کند که مشتری در زندگی روزانه خود بدون اختلال می‌تواند به گرمایش مورد نظر برسد. توسعه یک راه‌حل گرمایشی مبتنی بر رادیاتور جایگزین کم‌مصرف می‌تواند گزینه مناسبی باشد.

منبع www.haydale-ir.com

استفاده مجدد از آسفالت نانویی در مرمت جاده‌های بریتانیا

تیم شورای شهر آکسفوردشایر و پیمانکار آن، مایلستون اینفراستراکچر (Milestone Infrastructure)، در حال آزمایش آسفالت نانویی به نام Gipave است. آن‌ها در حال استفاده از این محصول نانویی در روستایی در نزدیکی Chipping Norton هستند. این سومین بار است که در این منطقه از آسفالت نانویی استفاده می‌شود.

این آزمایش سومین آزمایش در آکسفوردشایر است که در آن طول جاده را با استفاده از آسفالت معمولی و آسفالت نانویی روکش می‌کنند تا بتوان این دو سطح را با هم مقایسه کرد.

GiPave که توسط ایترکمیکا (Iterchimica) تولید شده که در آن از پلاستیک‌های زباله نیز استفاده می‌کند، زباله‌هایی که به طور معمول بازیافت نمی‌شوند. در همین حال، آسفالت حاوی GiPave می‌تواند به‌طور کامل بازیافت شود این امر اقتصاد بازیافتی را ترویج می‌کند و ضایعات و نیاز به مواد جدید را کاهش می‌دهد. تجزیه‌وتحلیل آزمایش قبلی در سال ۲۰۱۹ در کربریج نشان داد که GiPave طول عمر سطح جاده را تا ۷۰ درصد در مقایسه با روش‌های مرسوم سطح افزایش می‌دهد. خطر شیار شدن زیر چرخ‌های وسایل نقلیه باری سنگین با افزایش سفتی در محصول، کاهش می‌یابد.

اندرو گانت، عضو کابینه شورای شهرستان آکسفوردشایر برای مدیریت بزرگراه، گفت: «ما می دانیم که کیفیت جاده‌های ما چقدر برای ساکنان منطقه مهم است. به همین دلیل است که خوشحالیم که در این آزمایش اخیر شرکت می‌کنیم تا ببینیم چگونه می‌توانیم پیشرفت کنیم. هزینه روی این پوشش نانویی باعث می‌شود سطوح جاده‌های ما برای مدت طولانی‌تری در شرایط خوب باقی بمانند. همانطور که با آزمایش های قبلی Gipave نشان دادیم، نوآوری در قلب کاری ما است. افزایش طول عمر سطوح جاده‌ها، نیاز به روکش‌سازی مجدد، بار بودجه بزرگراه‌ها و انتشار کربن را برای چرخه زندگی یک قطعه جاده کاهش می‌دهد.»

منبع www.banburyguardian.co.uk

اعطای گرنتی برای پروژه تشخیص سرب در آب با نانوذرات بیسموت

آژانس حفاظت از محیط‌زیست آمریکا (EPA) برای تحقیقاتی که باعث افزایش توانایی شناسایی یون‌های سرب در آب آشامیدنی شود، در قالب برنامه‌ای موسوم به P3، کمک مالی ۲۴,۹۷۵ دلاری به دانشگاه هاملاین در سنت پاول، مینه سوتا اعطا کرد.

کریس فری از آژانس حفاظت از محیط‌زیست آمریکا گفت: «برنامه P3 EPA، اکنون در بیستمین سال خود، یک برنامه هیجان‌انگیز و منحصربه‌فرد است که توان و پتانسیل دانشجویان را برای تبدیل ایده به علم و به راه‌حل‌های جدید که از سلامت انسان و محیط‌زیست محافظت می‌کند، می‌شناسد. تبریک به تیم‌هایی که امسال در این رقابت شرکت کردند. پروژه‌های نوآورانه آن‌ها با مسائل مهم محیط‌زیستی مقابله می‌کند که شامل یک پوشش سازگار با محیط‌زیست برای کاهش آلودگی در محیط‌های دریایی، دستگاهی برای از بین بردن میکروپلاستیک‌ها در آب، یک فناوری نظارت و تصفیه هوا برای کاهش قرار گرفتن در معرض آلاینده‌های هوا و موارد دیگر است.»

با این بودجه، دانشگاه هملین از نانوذرات بیسموت برای تشخیص سرب در آب آشامیدنی استفاده خواهد کرد. بیسموت یک فلز سنگین با سمیت کم است که ضمن حفظ استانداردهای ایمنی آب آشامیدنی، برای تشخیص سرب مناسب است. هنگامی که با آنزیم‌های DNA کاتالیزوری مخلوط می‌شود، پیوندهایی با

یون‌های سرب تشکیل می‌دهد و باعث تغییر رنگ محلول به شکل قابل تشخیصی می‌شود. نانوذرات بیسموت مقرون‌به‌صرفه هستند و به طور بالقوه آن‌ها را به گزینه‌ای مناسب در روش‌های تشخیص سرب تبدیل می‌کنند.

منبع www.epa.gov

افزایش قیمت سهام با ثبت پتنت نانویی در آمریکا

با ثبت پتنت در آمریکا، سهام شرکت ان‌فور فارما (N4 Pharma) افزایش یافت. ان‌فور فارما یکی از شرکت‌های فعال در حوزه داروسازی است که به تازگی فناوری خود موسوم به NUVEC را در آمریکا به ثبت رسانده است.

این شرکت اعلام کرد که سیستم تحویل Nuvec آن‌ها برای تولید دارو و واکسن ضدسرطان به صورت پتنتی در آمریکا به ثبت رسیده است. این فناوری یک سامانه رهایش غیرویروسی است که از آن می‌توان برای ساخت واکسن و درمان سرطان استفاده نمود. Nuvec مبتنی بر نانوذرات سیلیکا بوده و دارای پتانسیل بالایی برای کمک به بهبود داروهای ایمنی درمانی سرطان است. این فناوری قادر است اثربخشی واکسن‌های ویروسی را نیز بهبود دهد. شرکت ان‌فور فارما یک شرکت بریتانیایی بوده که بر توسعه یک سیستم تحویل نانوذرات سیلیس تمرکز دارد. با ثبت این پتنت، سهام این شرکت با افزایش چهل درصدی مواجه شد. این شرکت داروسازی فهرست شده در AIM گفت که پتنت ثبت شده در آمریکا به طور خاص فرمولاسیون نانوذرات ساخته شده با استفاده از روش‌های مختلف توسعه داده شده توسط این شرکت را تحت پوشش قرار می‌دهد. این شرکت گفت که فناوری Nuvec در دانشگاه کوئینزلند توسعه یافته و لیسانس استفاده از آن از سوی این دانشگاه در اختیار ان‌فور فارما قرار گرفته است. کریس بریتن، مدیر اجرایی این شرکت می‌گوید: «ما خوشحالیم که این پتنت را در آمریکا به ثبت می‌رسانیم.»

منبع www.morningstar.co.uk

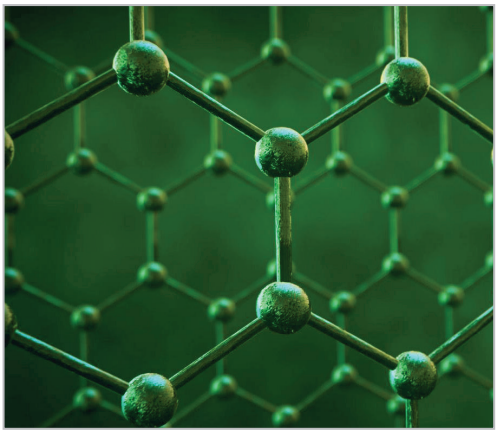
برنده شدن در مناقصه برای استفاده از گرافن در سیستم‌های تصفیه هوا

شرکت دایرکتا پلاس (Directa Plus) از برنده شدن در مناقصه‌ای خبر داد که به توسعه کاربرد گرافن در تصفیه هوا کمک شایانی می‌کند. این پروژه توسط منطقه لومباردی در ایتالیا، به عنوان بخشی از برنامه تحقیق و نوآوری، برای توسعه بیشتر برنامه‌های تصفیه هوا با گرافن تعریف شده است.

این پروژه به مدت ۱۸ ماه به طول خواهد انجامید و ارزش کل آن حدود ۴۰۰،۰۰۰ یورو است که شامل کمک هزینه بلاعوض ۱۴۲،۵۰۰ یورویی و وام با بهره صفر ۲۶۴،۶۴۲ یورویی است که در طی هفت سال بازپرداخت می‌شود.

شرکت دایرکتا پلاس گفته است که این جایزه به آن‌ها اجازه می‌دهد تا سرمایه‌گذاری و توسعه فیلتر هوای خود را ادامه دهند. این شرکت از سال ۲۰۲۰، پس از تجاری سازی ماسک ضدکرونا، در زمینه توسعه فیلترهای هوا کار کرده است.

جولیو سزار از مدیران این شرکت می‌گوید: «ما هیجان‌زده هستیم که توسط دولت محلی لومباردی که تعهد ما به نوآوری و توسعه فن‌آوری‌های پیشرفته را به رسمیت می‌شناسد، برای این مناقصه انتخاب شدیم. این کار دایرکتا پلاس را قادر می‌سازد تا



سرمایه‌گذاری بیشتری روی سیستم‌های تصفیه هوا انجام داده و توسعه محصولات این حوزه را ادامه دهد و در نهایت محصولی نوآورانه را که توسط خواص منحصربه‌فرد گرافن ارتقا یافته، به بازار عرضه کند.»

منبع www.lse.co.uk

بطری تصفیه کننده آب توسط یک استارت‌آپ به بازار عرضه می‌شود

شرکت نوپای نروژی، ویتالوپ (Vitaloop) بطری آب ساخته که می‌توان از آن برای تولید آب آشامیدنی استفاده کرد. این استارت‌آپ با کمک فناوری‌نانو اقدام به تولید این بطری آب کرده است.

این بطری از یک سامانه پنج بخشی بهره‌مند بوده که به یک پمپ آب متصل است و با کمک این سیستم چند لایه می‌تواند مقادیر کم ویروس و باکتری را نیز جداسازی کند. تنها فشردن یک دکمه می‌تواند آب آلوده را تصفیه و آب آشامیدنی به شما ارائه دهد.

این سیستم چند فیلتراسیونی پنج قسمتی از فناوری Nanoflow بهره‌مند است که در آن ابتدا یک فیلتر اولیه در بخش ورودی، آب وارد شده را فیلتر می‌کند. در این بخش رسوبات و ذرات بزرگ‌تر از آب جدا می‌شوند. در بخش بعدی، الیاف میکرومقیاس توخالی در انتظار آب هستند تا ۹۹،۹۹۹۹ ٪ از باکتری‌ها، تک یاخته‌ها و انگل‌ها را حذف کند. در این بخش یک فیلتر مبتنی بر هالوژن تا ۹۹،۹۹۹ ٪ ویروس‌ها را کنترل می‌کند. یک فیلتر حاوی کربن فعال مسئول فلزات و مواد شیمیایی سنگین است که همچنین مزه آب را نیز بهبود می‌دهد. در بخش بعدی یک فیلتر گرافنی قرار دارد تا میکرو پلاستیک‌ها را از بین ببرد، پشتیبانی ضدباکتریایی را ارائه دهد و راندمان تصفیه آب را تقویت کند.

یکی از سوالات مطرح شده این است که آب آلوده از دهانه بطری وارد می‌شود و اگر از همان نقطه قرار باشد آب نوشیده شود، آلودگی وارد دهان می‌شود. اما طراحان این شرکت این بطری را به گونه‌ای طراحی کرده‌اند که خروجی آب بطری با ورودی آن تفاوت داشته باشد و تنها با فشردن یک دکمه بتوان آب تمیز را از نقطه‌ای دیگر دریافت کرد.

منبع www.newatlas.com

تولید صنعتی نانوذرات لیپیدی در چین برای پشتیبانی از تولید دارو و واکسن نانویی

شرکت ووشی اس‌تی‌ای با راه‌اندازی خط تولید مواد تزریقی به شکل خودکار، توانمندی خود را در حوزه دارو ارتقا می‌دهد. این شرکت همچنین خط تولید نانوذرات لیپیدی را دارد که می‌تواند از تولید صنعتی مواد دارویی و واکسن‌های دارای نانوذرات لیپیدی در چین و دیگر کشورها پشتیبانی کند.

شرکت ووشی اس‌تی‌ای (Wuxi STA) خط تولید ادوات تزریق استریل خود را راه‌اندازی کرد. این خط تولید به صورت خودکار بوده و در شهر ووشی چین واقع شده است. این خط تولید ظرفیت تولید سالانه ۱۲ میلیون واحد را داشته که می‌تواند استاندارد حد میزان انتشار ترکیبات شیمیایی خطرناک را به کمتر از ۱۰ نانوگرم بر مترمکعب برساند. این خط تولید کاملا ایزوله بوده و ادوات پرکننده آن نیز به صورت خودکار عمل می‌کنند. طراحی این خط تولید به گونه‌ای است که به کمترین دخالت انسانی نیاز بوده و مانع از آلودگی‌های محیطی و انسانی می‌شود. همچنین کنترل کیفیت محصولات استریل را تضمین می‌کند.

سایت محصولات دارویی شرکت ووشی اس‌تی‌ای در حال حاضر دارای دو خط تولید استریل کاملاً خودکار است که ظرفیت تولید سالانه آن ۲ میلیون و ۱۰ میلیون واحد است. این خطوط از اشکال مختلف از جمله ویال‌های مایع و لیوفیلیزه، سرنگ‌های از پیش

پر شده و کارتریج پشتیبانی می‌کند.

علاوه بر این، پلتفرم نانوذرات لیپید استریل این شرکت همچنین در سایت ووشی فعالیت خود را آغاز کرده است. این خط تولید با ظرفیت تولید دسته‌ای از ۱۰ تا ۵۰ لیتر، از توسعه روش‌های فرمولاسیون جدید، به ویژه نامزدهای دارویی مبتنی بر الیگونوکلئوتید پشتیبانی می‌کند.

منبع www.genengnews.com

درهای برخی مدارس آمریکا با استفاده از فناوری نانو ضدگلوله می‌شوند

شرکت کربن ریورز (Carbon Rivers) در حال آزمایش روی درهای جدیدی است که ضدگلوله بوده و برای استفاده در مدارس طراحی شده است. با توجه به حوادث تیراندازی در آمریکا، چنین درهایی از سوی مدارس این کشور به شدت مورد استقبال قرار گرفته است.

کربن ریورز همان شرکتی است که با وزارت انرژی تنسی در مورد محصولات بازیافتی که در قفسه‌های فروشگاه هستند، همکاری کرده است. این شرکت اعلام کرد دولت این ایالت آن‌ها را به پروژه دیگری سوق داده است.

طی چند هفته گذشته، آپ کربن ریورز (Carbon Rivers) آخرین محصول خود را به مدرسه، قانون‌گذاران و سازمان امنیت ملی ارائه کرده است. این شرکت فناوری کوچک در ناکسویل راهی را برای ایجاد درهای مقاوم در برابر گلوله‌های سبک وزن برای محافظت از دانش‌آموزان در تیراندازی در مدرسه ارائه کرده است.

مهندسان این شرکت ورقه‌های گرافنی خود را در این پروژه استفاده کرده‌اند، آن‌ها این ورق‌های گرافنی را به یک ورق فیبر مقاوم تبدیل کرده و آن را در چیزی مانند جلیقه ضدگلوله قرار داده‌اند و در نهایت محصولی برای در مدارس ساخته‌اند.

اعطای یک کمک هزینه امنیت برای مدارس دولتی می‌تواند تمامی این هزینه را تأمین کند. مورگان از مدیران این شرکت گفت: «ما مطمئناً عرضه این محصول را در برنامه‌های خود داریم. یک دوره زمانی سه ساله لازم است تا این فناوری برای کل ایالت اجرا شود و این درها در همه مدارس خصوصی و دولتی نصب شوند.»

منبع www.wvlt.tv

شرکت آرچر متریالز: چند بیماری با کمک یک تراشه قابل تشخیص است

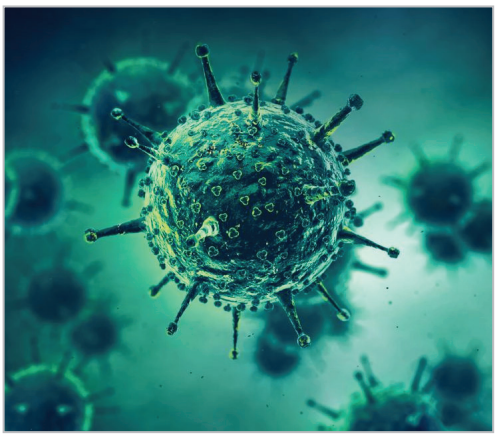
آخرین محصول شرکت آرچر متریالز (Archer Materials) از گرافن برای تشخیص چندین بیماری استفاده می‌کند. این محصول یک تراشه نانویی است.

با هدف یک راه‌حل جامع به صورت آزمایشگاه روی تراشه، آرچر متریالز زیست‌تراشه‌ای تولید کرده که با استفاده از FETهای گرافنی (GFET) کار می‌کند. GFET شامل یک لایه گرافن فوق‌العاده نازک است. این ماده که به عنوان یک لایه رسانا استفاده می‌شود، به اندازه کافی حساس است تا مهندسان بتوانند محتویات یک محلول یونی را تشخیص دهند.

GFETها به ویژه در برنامه‌های زیست‌سنجی محبوب هستند زیرا می‌توانند از طریق برهمکنش مولکولی بین گرافن و ذرات زیستی هدف، درک صحیحی در مورد سلامت بیمار فراهم کنند. آرچر به تازگی یک حسگر گرافنی را تولید کرده که می‌تواند چندین بیماری را تنها با یک تراشه تشخیص دهد.

از آنجا که فن‌آوری‌های دارای گرافن مانند GFET هنوز نسبتاً جدید هستند، این شرکت با انتشار مقاله‌ای به جزئیات مربوط به ساخت GFET پرداخته و تشریح کرده که چگونه می‌توان از گرافن برای تشخیص چندین بیماری استفاده کرد.

GFETها به طرز چشمگیری شبیه سایر ترانزیستورهای اثر میدانی مانند MOSFET هستند. در حالی که MOSFETها از موادی مانند سیلیکون برای ارسال جریان استفاده می‌کنند، GFETها از یک لایه



گرافن با ضخامت چند ده میکرومتر بهره می‌برند.

لایه نازک گرافن مزایای بی‌شماری از جمله هدایت حرارتی و الکتریکی بالا را نشان می‌دهد و همچنین حساسیت دستگاه را به عوامل خارجی بهبود می‌بخشد. به همین ترتیب، آزمایشگاه‌ها اغلب از GFET برای بررسی سیالات استفاده می‌کنند زیرا حساسیت ذاتی مولکولی گرافن می‌تواند به راحتی عوامل بیماری‌زا را تشخیص دهد.

منبع www.allaboutcircuits.com

فناوری نانو از سگ‌های پلیس هم محافظت می‌کند

پس از حادثه‌ای که برای یک سگ پلیس به نام بینگو در کانادا رخ داد، شرکت نواگرافن (Nova Graphene) تصمیم گرفت تا روی ساخت لباس ضدگلوله تقویت شده با گرافن کار کند، لباسی که به صورت سه‌بعدی چاپ می‌شود.

کشته شدن این سگ پلیس در حین انجام وظیفه که مورد اصابت گلوله قرار گرفت، تیم نواگرافن را به این فکر انداخت که از فناوری نانو برای حفاظت از این حیوانات استفاده کند. این شرکت در ابتدا بر روی طراحی زره بالستیک تقویت‌شده با گرافن چاپ سه‌بعدی برای کارکنان ارتش و نیروهای پلیس متمرکز بود، اما اکنون این تیم به سرعت توسعه زره‌های مشابهی به‌طور خاص برای حیوانات را دنبال می‌کند.

سیستم‌های محافظت بالستیک فعلی یا «زره‌های ضدگلوله» بسیار سنگین و حجیم بوده و موجب محدودیت در تحرک می‌شوند. این زره‌ها گرمای بیش از حدی ایجاد کرده و موجب ناراحتی و تغییر بیومکانیک حرکت سرباز می‌شوند که ممکن است خطر آسیب‌دیدن را افزایش دهد. علاوه‌بر این، سیستم‌های فعلی فاقد مقیاس‌پذیری هستند که امکان پذیرش راه‌حل‌های سبک‌تر را دشوار می‌کند. نووا گرافن با هدف افزایش بقا، عملکرد و اثربخشی از فناوری اختصاصی گرافن خود استفاده می‌کند تا وسیله‌ای برای بهبود چشمگیر این خصوصیات فراهم کند.

منبع www.menafn.com

صرف ۱۳۵ میلیون دلار برای خرید فناوری از دانشگاه/هدف: ساخت داروی ضدویروس

دانشگاه گریفیت برای توسعه بیشتر داروهای جدید برای کرونا، به یک همکاری تجاری ۱۳۵ میلیون دلاری با شرکت ژن (Gene Pty Ltd) وارد شده است. فراتر از درمان کرونا، این فناوری نوآورانه RNA پتانسیل استفاده برای سایر ویروس‌ها را دارد.

پروفسور کوین موریس از دانشکده علوم پزشکی گریفیت گفت: «استفاده از این فناوری منجر به پارادایم جدیدی می‌شود و شرکت ژن، که اخیراً در کوئینزلند تأسیس شده است، ترکیبات نانوذرات RNA در سطح جهانی را تولید خواهد کرد.

پروفسور موریس گفت: «این روش درمانی متفاوت از سایر روش‌های ضد ویروسی است که در حال حاضر در دسترس هستند زیرا مستقیماً RNA ویروسی را هدف قرار داده و آن را کاهش می دهد. این روش درمانی جدید نشان داده است که بار ویروسی را در آزمایش های بالینی بیشتر از ۹۸ درصد کاهش می دهد و احتمالاً در درمان عفونت‌ها مؤثر است.»

پروفسور نیگل مک میلان از انستیتوی بهداشت منزیز در کوئینزلند، که تیم وی به توسعه این روش درمانی کمک کرده است، گفت: «جهان به ضدویروس‌های جدید مانند این نیاز دارد. ما عفونت‌های ویروسی جدید و بیشتری را تجربه می‌کنیم و برای درمان آنها داروهای محدودی داریم.»

محققان گریفیت مناطق محافظت شده در ویروس کرونا را شناسایی کردند و توالی‌های RNA را طراحی کردند که به این مناطق متصل می‌شوند و از این طریق ویروس را از آلوده کردن سلول‌های میزبان و تکثیر باز می‌دارند.

مسئولان دانشگاه گریفیت، از طریق دفتر تجاری‌سازی خود با شرکت ژن در آوریل ۲۰۲۳ برای مالکیت معنوی مربوطه (IP) مذاکره کردند، که براساس آن شرکت ژن مسئول توسعه نامزد دارو به عنوان یک درمان جهانی برای انواع کرونا است.

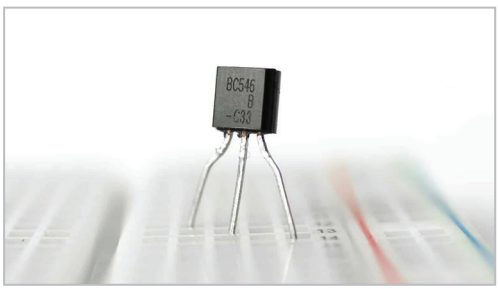
منبع www.news.griffith.edu.au

یک کنسرسیوم بین‌المللی، تراشه‌ای برای تشخیص همزمان چند ماده زیستی می‌سازد

محققان دارپا، شرکت زیمنس، مؤسسه تحقیقات فناوری جرجیا و شرکت پاراگراف با همکاری یکدیگر موفق به ساخت زیست‌حسگر گرافنی شدند که می‌تواند به صورت همزمان هم پروتئین و هم سیگنال‌های مربوط به RNA را تشخیص دهد.

پاراگراف تولیدکننده انبوه نیمه‌هادی‌های زیست‌سازگار است و واحد پردازش سیگنال زیستی (BPU) آن قادر است جریان‌های بیدرنگ سیگنال‌های مولتیومیک را در اطلاعات دیجیتالی ثبت کند. دکتر کیانا آران، مدیر ارشد نوآوری در پاراگراف اظهار داشت: «داشتن یک پلتفرم فناوری واحد که می‌تواند همزمان پروتئین و آنالیت‌های بیوسیگنال DNA/RNA را در یک دستگاه کوچک تشخیص دهد، یک پیشرفت تکنولوژیکی بزرگ است. چنین فناوری می‌تواند در قدم اول روی تشخیص عفونت‌های ویروسی تأثیر گذارد و با گذشت زمان برای انواع دیگر بیماری‌ها نیز مؤثر خواهد بود. این فناوری امکان تشخیص بهتر و سریع‌تر را برای هر نوع بیماری یا تهدید زیستی فراهم می‌کند.»

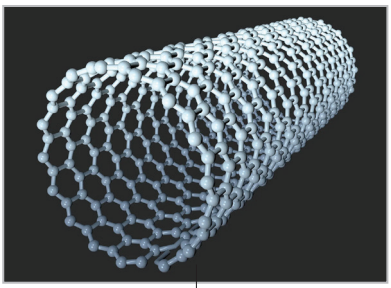
دکتر سیمون توماس؛ مدیرعامل پاراگراف می‌افزاید: «این پروژه در طول همه‌گیری کووید-۱۹ برای تقویت فناوری‌هایی که



می‌توانند به سرعت برای شناسایی بیماری‌های جدید به کار گرفته شوند، آغاز شد و یک پلتفرم تشخیص مراقبت چندگانه انعطاف‌پذیر برای هر بیماری همه‌گیری در آینده را نوید می‌دهد. تیم شرکت پاراگراف همراه با شرکای دیگر در این گروه تحقیقاتی، موفق شده است که این کار را انجام دهد. مهم‌تر از آن، اینکه این پیشرفت جدید همراه با توانایی منحصربه‌فرد پاراگراف برای تولید انبوه ادوات الکترونیکی مبتنی بر گرافن با فرآیندهای نیمه‌هادی استاندارد، شروع یک مسیر جدید در تست‌های پزشکی خواهد بود.

منبع www.onlinelibrary.wiley.com

نانولوله‌کربنی در سریلانکا برای استفاده در دستکش‌های لاتکس تولید می‌شود



سوسپانسیون نانولوله کربنی برای دستکش های لاتکس که استانداردهای ESD را دارد در سریلانکا تولید می‌شود. این کار با همکاری شرکت هایلیز اونچرا و شرکت اوسی‌اس‌آی‌ال (OCSiAl) انجام می‌شود.

شرکت هایلیز اونچرا (Hayleys Aventura) تولید سوسپانسیون نانولوله کربنی را در سریلانکا آغاز کرد. قرار است این نانولوله‌ها برای تولید دستکش لاتکس با استفاده از دانش فنی شرکت OCSIAL استفاده شود.

هدف از این کار، برآورده کردن تقاضای فزاینده در جنوب آسیا و اروپا برای رعایت کامل آخرین استانداردهای ESD و قابلیت استفاده در صفحه لمسی برای دستکش لاتکس است.

هایلیز اونچرا یک شرکت ارائه‌دهنده برتر راه‌حل‌های صنعتی در سریلانکاست. همکاری میان هایلیز اونچرا و اوسی‌اس‌آی‌ال که یک شرکت پیشرو در فناوری و تولید نانولوله کربنی است، منجر به تولید محلی سوسپانسیون نانولوله‌کربنی TUBALL LATEX می‌شود. خط تولید این سوسپانسیون در تأسیسات هایلیز اونچرا در Kaluthara سریلانکا نصب شده است و از دانش فنی اوسی‌اس‌آی‌ال استفاده می‌کند. این ظرفیت تولید جدید برای تأمین تقاضا در مناطق آسیای جنوبی و اروپا در نظر گرفته شده است.

به گفته جایانگا هپروما مدیر کل هایلیز اونچرا پیشرفت در بازارهای خودرو، الکترونیک و ATEX به تجهیزات محافظتی شخصی و به ویژه دستکش، نیاز دارد. نانولوله کربنی در بخش دستکش ESD انقلابی ایجاد می‌کند، به دستکش اجازه می‌دهد تا بار استاتیک را پخش کند که این کار با رعایت کامل آخرین استانداردهای ESD انجام می‌شود. تولید سوسپانسیون لاتکس نانولوله‌ای توانمندی تولید کنندگان پیشرو دستکش صنعتی را افزایش داده و آن‌ها را قادر می‌سازد تا عملکرد محصولات خود را ارتقا دهند و یک مزیت رقابتی در بازار کسب کنند.»

منبع www.modernplasticsglobal.com

یک افزودنی نانویی صنعتی، عملکرد فیزیکی و حرارتی پوشش‌ها را بهبود داد

اسپارک تکنولوژیز نشان داد که افزودنی گرافنی این شرکت می‌تواند میزان ترک‌های حاصل از عملیات حرارتی را روی سطح کاهش دهد و مقاومت به ضربه را در محصول نهایی ارتقا دهد.

شرکت اسپارک تکنولوژیز (Sparc Technologies) نتایج مثبتی را در رابطه با محصول EcoSparc خود به دست آورده است. آزمایش‌های مقاومت در برابر چرخه حرارتی بحرانی توسط شرکت ثالثی انجام شده که نتایج نشان می‌دهد هنگام استفاده از پوشش‌های تقویت شده با ECOSPARC در مقایسه با پوشش‌های بدون ECOSPARC، کاهش قابل توجهی در ترک خوردگی به دست می‌آید.

پیشگیری و به تعویق انداختن ترک خوردگی نقش مهمی در گسترش عمر پوشش‌های محافظ دارد. یکی از علت‌های اصلی وخامت پوشش که منجر به خوردگی و تخریب می شود، بروز ترک در جوش‌ها و سطوح زاویه‌ای است. یک آزمایشگاه معتبر ثالث، آزمایش مقاومت در برابر حرارت را انجام داده است.

در رابطه با این نتایج، آزمایش‌های تکمیلی قابل توجهی به تست‌های استانداردهای بین‌المللی اضافه شده است که همه نشان می‌دهد پیشرفت‌های قابل توجهی به دست آمده که تأثیر مثبت عملکرد پوشش محافظ ECOSPERC است.

این نتایج، ارزش پوشش ECOSPARC را در افزایش زمان ماندگاری سطح و کاهش نیاز به نگهداری‌های دوره‌ای را نشان می‌دهد که هم هزینه و هم مزایای پایداری را برای صاحب دارایی از طریق کاهش استفاده از رنگ (پوشش مجدد) به ارمغان می‌آورد. شرکت اسپارک تکنولوژیز در حال حاضر تجزیه‌وتحلیل چرخه عمر را برای تعیین کمی این مزایا برای صاحبان دارایی انجام می‌دهد.

منبع www.investi.com.au

آنتی‌بادی‌های بدن نوعی شتر، برای مقابله با سرطان مورد استفاده قرار گرفت

آلپاکا نوعی لاما است که در آمریکای جنوبی یافت می‌شود. محققان نشان دادند که آنتی‌بادی‌های موجود در بدن این نوع لاما می‌تواند برای مقابله با سرطان استفاده شود.

یک تیم تحقیقاتی در دانشگاه کنتاکی با استفاده از آنتی‌بادی‌های مشتق شده از آلپاکا، ابزاری ابداع کرده است که می‌تواند به درمان‌های جدیدی منجر شود و از آن می‌توان برای توقف رشد چندین نوع سرطان استفاده کرد.

در حالی که محققان سرطان می‌دانند پروتئینی به نام PRL-3 با رشد سرطان‌های روده بزرگ، سینه، ریه، پوست و خون مرتبط است، به دلیل کمبود ابزار برای مطالعه مؤثر آن، درک کمی در مورد نحوه عملکرد آن وجود دارد.

با آنتی‌بادی‌های منحصربه‌فرد آلپاکا که به نام نانوبادی‌ها شناخته می‌شوند، تیمی به رهبری دکتر جسیکا بلکبرن، محقق مرکز سرطان مارکی بریتانیا، اولین ابزار مؤثر را برای هدف قرار دادن خاص PRL-3 ایجاد کردند.

بلکبرن می‌گوید این کشف دانشمندان را یک قدم به ساخت دارویی نزدیک‌تر می‌کند که می‌تواند بیان PRL-3 و رشد سرطان را متوقف کند.

بلکبرن، استادیار گروه بیوشیمی مولکولی و سلولی کالج پزشکی انگلستان، گفت: «نانوبادی‌ها ابزارهای جدید و ارزشمندی هستند که می توانند به محققان کمک کنند تا درک بهتری از نقش PRL-3 در پیشرفت سرطان داشته باشند. در نهایت، این کشف فرصت‌های جدیدی را برای توسعه درمان‌های بهتر برای مبارزه با سرطان و بهبود زندگی بیماران باز می‌کند.»

نانوبادی‌های PRL-3 که با همکاری هسته پروتئینی بریتانیا توسعه یافته‌اند، نتایج امیدوارکننده‌ای را در آزمایش‌های آزمایشگاهی نشان داده است.

این نانوبادی‌ها توانستند PRL-3 را در سلول‌های سرطانی شناسایی کرده و به محل فعال پروتئین بچسبند که به طور بالقوه در توانایی آن برای ترویج رشد سرطان تداخل ایجاد می‌کند. علاوه بر این، نانوبادی‌ها برهمکنش بین PRL-3 و پروتئین دیگری به نام CNNM3 را کاهش دادند که به رشد سرطان در مدل‌های حیوانی معروف است.

منبع www.phys.org

پسرعموی گرافن برای تولید هیدروژن از آمونیاک به کار گرفته شد!

تیمی از محققان دانشگاه نانجینگ، دانشگاه هوبی‌نرمال و دانشگاه ژجیانگ، کاتالیزور گرافدین (Graphdiyne) دوپ شده با کبالت را برای تجزیه کاتالیستی آمونیاک (NH3) به منظور تولید H2 ساختند. این کاتالیزور کامپوزیتی به طور قابل توجهی واکنش‌پذیری و پایداری تجزیه آمونیاک را افزایش می‌دهد.

در مقاله‌ای که محققان در مجله Fuel، منتشر کردند نشان دادند که این کاتالیزور گرافدین دوپ شده با کبالت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد تقریباً به تجزیه کامل آمونیاک دست یافت و نرخ تبدیل در طول ۱۸ ساعت واکنش مداوم ثابت ماند.

گرافدین یک آلوتروپ کربن دوبعدی جدید بوده که شبیه گرافن است. با این حال، در حالی که گرافن یک لایه منفرد از اتم‌های کربن است که در یک شبکه لانه زنبوری دوبعدی چیده شده‌اند، گرافدین از هر دو اتم کربن sp^2 و sp تشکیل شده (sp و sp^2 به حالت هیبریداسیون اتم‌های کربن در مولکول‌ها اشاره دارد) و ساختار منحصربه‌فردی را تشکیل می‌دهد. تعداد زیاد منافذ، به

آن سطح بالایی می بخشد که برای کاربردهای ذخیره انرژی و کاتالیزوری مفید است.

آمونیاک یک حامل هیدروژن با چگالی بالاست. نویسندگان خاطرنشان می کنند در حالی که کاتالیزورهای فلزات نجیب، مانند روتنیم، عملکرد کاتالیزوری برتری در تجزیه آمونیاک از خود نشان می دهند، اما برای آزاد کردن هیدروژن، هزینه بالای این فلزات برای کاربردهای گسترده چالش‌برانگیز است.

منبع www.greencarcongress.com

بازسازی سلول‌های شبکیه با کمک الکتروریسی در آزمایشگاه انجام شد

دانشمندان سلول‌های شبکیه را در آزمایشگاه با استفاده از فناوری نانو بازسازی کردند. آن‌ها برای این کار از فناوری الکتروریسی و نانوالیاف بهره بردند.

در تلاش برای مقابله با عامل اصلی نابینایی در کشورهای توسعه یافته، محققان از فناوری نانو برای کمک به رشد مجدد سلول‌های شبکیه استفاده کردند.

دژنراسیون ماکولا نوعی از دست دادن بینایی مرکزی است که پیامدهای اجتماعی، حرکتی و روانی گسترده‌ای دارد. این بیماری صدها میلیون نفر را در سراسر جهان تحت تاثیر قرار می‌دهد و در حال افزایش است. دژنراسیون نتیجه آسیب به سلول‌های رنگدانه شبکیه چشم است. بدن ما پس از شروع مرگ این سلول‌ها قادر به رشد و جایگزینی آن‌ها نیست، بنابراین دانشمندان در حال بررسی روش‌های جایگزین برای جایگزینی این سلول‌ها و غشایی که در آن قرار دارند، بوده‌اند.

باربارا پیرسیونک، بیوشیمیست دانشگاه آنگلیا راسکین، توضیح می‌دهد: «در گذشته، دانشمندان سلول‌ها را روی یک سطح صاف رشد می‌دادند که از نظر بیولوژیکی با این سلول‌ها مرتبط نیست. با استفاده از این روش‌های جدید، نشان داده شده است که رده سلولی در محیط سه‌بعدی ارائه شده توسط داربست‌ها رشد می‌کند.»

بیولا اگبون و همکارانش، دانشمند زیست پزشکی دانشگاه ناتینگهام ترنت این داربست‌های سه‌بعدی را با نانوالیاف پلیمری ساختند و آن‌ها را با یک استروئید پوشاندند تا التهاب را کاهش دهند.

این تیم با استفاده از روشی به نام الکتروریسی که الیافی در مقیاس نانومتری را با پرتاب کردن یک محلول پلیمر مذاب در یک میدان با ولتاژ بالا تولید می‌کند، توانستند این داربست‌ها را به اندازه کافی نازک نگه دارند.

پلیمر پلی اکریلونیتریل که آن‌ها استفاده کردند استحکام مکانیکی ایجاد می‌کند و پلیمر جفامین آب را جذب می‌کند و اساساً به داربست مصنوعی اجازه می‌دهد تا به عنوان یک غشا عمل کند.

منبع www.sciencealert.com

چت‌جی‌پی‌تی به عنوان «دستیار شیمی‌دان» به کار گرفته شد!

محققان با ارائه دستورالعمل‌هایی به مدل هوش مصنوعی ChatGPT، از آن به عنوان دستیار استفاده کردند. این دستیار در خوانش مقالات و ارائه پیشنهادات در سنتز چارچوب‌های آلی فلزی به دانشمندان کمک کرد.

یک تیم تحقیقاتی مدل هوش مصنوعی ChatGPT را وادار کرد تا یک کار بسیار وقت گیر انجام دهد: جستجوی مقالات علمی. با این داده‌ها، آن‌ها ابزار دوم برای پیش‌بینی نتایج تجربی ساختند.

گزارش‌های حاصل از مطالعات قبلی، حجم وسیعی از اطلاعات موردنیاز شیمی‌دانان را ارائه می‌دهند، اما یافتن و تحلیل مرتبط‌ترین جزئیات می‌تواند کار دشواری باشد. برای مثال، کسانی که علاقه‌مند به طراحی چارچوب‌های متخلخل و کریستالی آلی فلزی (MOF) هستند، باید صدها مقاله علمی که شرایط آزمایشی مختلفی را توصیف می‌کنند، مرتب کنند.

محققان قبلاً تلاش کرده‌اند تا هوش مصنوعی را متقاعد کنند تا این وظیفه را بر عهده بگیرد. با این حال، مدل‌های پردازش زبانی که آن‌ها استفاده می‌کردند، به تخصص فنی قابل توجهی نیاز داشت و استفاده از آن‌ها در موضوعات جدید به معنای تغییر برنامه بود. عمر یاغی و همکارانش می‌خواستند ببینند که آیا نسل بعدی مدل‌های زبان که شامل ChatGPT می‌شود، می‌تواند راه قابل‌دسترسی و انعطاف‌پذیرتری برای استخراج اطلاعات ارائه دهد یا خیر.

برای تجزیه‌وتحلیل متن از مقالات علمی، این تیم به ChatGPT دستورات یا دستورالعمل‌هایی داد و آن را با کمک این دستورات هدایت کرد. محققان با دقت این دستورالعمل‌ها را ساختند تا تمایل مدل به ارائه پاسخ‌ها را به حداقل برسانند، پدیده‌ای که به عنوان توهم شناخته می‌شود. با این کار هوش مصنوعی را به سوی ارائه بهترین پاسخ‌های ممکن سوق دادند.

منبع www.nanowerk.com

ساخت الکترود گرافنی با لایه‌نشانی اتمی به کمک پرتو فرابنفش

پژوهشگران با رویکرد جدیدی به نام لایه‌نشانی اتمی با کمک پرتو فرابنفش موفق به ساخت الکترودهایی از جنس گرافن شدند، به گونه‌ای که خواص ذاتی گرافن در این الکترودها حفظ شده است.

یک تیم تحقیقاتی متشکل از محققانی همچون پروفسور جیهوان‌آن، از گروه مهندسی مکانیک دانشگاه علم و فناوری پوهانگ (POSTECH)، جئونگ وو شین از گروه مهندسی مکانیک در NTU سنگاپور و پارک جئون وو از گروه MSDE در SEOULTECH رویکرد جدیدی به نام رسوب لایه اتمی با کمک پرتو فرابنفش (UV-ALD) را برای تولید الکترود گرافنی استفاده کرد. این روش پیشرو، منجر به تولید موفقیت‌آمیز رابط گرافن‌دی الکتریک با کارایی بالا شد. این تیم تحقیقاتی اولین گروهی بودند که UV-ALD را برای ایجاد لایه‌های دی‌الکتریک بر روی سطح گرافن که یک ماده دوبعدی است، اعمال کردند. رسوب لایه اتمی (ALD) شامل افزودن لایه‌های بسیار نازک در مقیاس اتمی به یک بستر است و اهمیت آن با کوچک شدن اندازه اجزای نیمه‌هادی به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. UV-ALD که نور ماوراءبنفش را با فرآیند لایه‌نشانی ترکیب می‌کند، امکان قرار دادن فیلم دی‌الکتریک بیشتری را نسبت به ALD سنتی فراهم می‌کند. با این حال، تا پیش از این، هیچ گروهی کاربرد UV-ALD را برای مواد دوبعدی مانند گرافن بررسی نکرده بود.

این تیم تحقیقاتی از نور ماوراءبنفش با محدوده انرژی کم (زیر 10 eV) برای ایجاد لایه‌های دی‌الکتریک در مقیاس اتمی بر روی سطح گرافن استفاده کرد و به طور موثر سطح گرافن را بدون به خطر انداختن خواص ذاتی آن فعال کرد.

منبع www.eurekalert.org

فقط با یک پوشش نانویی، در تابستان تا ۳۵ درجه سطح را خنک‌تر کنید!

فیلم‌های جدیدی که محققان ساختند، هیچ نوری را جذب نمی‌کنند و می‌توان از آن‌ها در قسمت بیرونی ساختمان‌ها، وسایل نقلیه و تجهیزات برای کاهش انرژی مورد نیاز برای خنک کردن استفاده کرد.

محققان نشان دادند فیلم‌هایی که آن‌ها توسعه داده‌اند دمای اشیای رنگی را چند درجه سانتی‌گراد پایین‌تر از دمای محیط پایین می‌آورد. آن‌ها همچنین دریافتند که وقتی تمام روز در خارج از محیط ساختمان قرار گیرند، نسخه آبی فیلم‌ها تقریباً $26^{\circ}C$ خنک‌تر از رنگ آبی رایج در خودروهاست. این نتایج نشان‌دهنده صرفه‌جویی در مصرف انرژی سالانه تقریباً 1377 MJ/m2 است.

یک خودروی آبی، آبی به نظر می‌رسد زیرا نور زرد را جذب می‌کند و نور آبی را منعکس می‌کند. مقدار زیادی از نوری که جذب می‌شود ماشین را گرم می‌کند. با این حال، پروانه‌های مورفو، رنگ آبی بسیار اشباع خود را بر اساس نانوساختار بال‌های خود تولید می‌کنند. برای طراحی نانوفیلم خنک‌کننده از این ساختارها تقلید می‌شود تا رنگ‌های شادی ایجاد شود که برخلاف رنگ‌های سنتی نور را جذب نمی‌کند.

محققان برای ایجاد نانوفیلم‌های الهام گرفته از مورفو، یک ماده با ساختار بی‌نظم را در زیر یک ماده چندلایه ساخته شده از

دی‌اکسید تیتانیوم و دی‌اکسید آلومینیوم قرار دادند. سپس این ساختار را روی یک لایه نقره قرار دادند که منعکس‌کننده تمام نور است، بنابراین از جذب اشعه خورشیدی و گرمایش مرتبط با آن جلوگیری می‌شود.

رنگ فیلم با توجه به اینکه چگونه مؤلفه‌های موجود در ساختار چند لایه نور را منعکس می‌کنند، تعیین می‌شود. به‌عنوان مثال، برای ایجاد رنگ آبی، مواد چند لایه به گونه‌ای طراحی شده است که نور زرد را در محدوده بسیار باریک از زوایا منعکس کند در حالی که ساختار بی‌نظم نور آبی را در یک منطقه وسیع پراکنده می‌کند.

منبع www.azonano.com

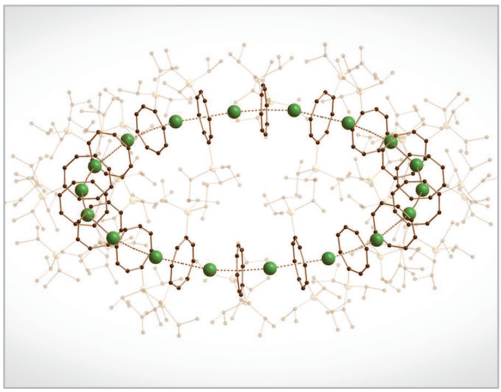
نانوحلقه‌ها؛ واحدهای سازنده جدید دنیای شیمی

به تازگی محققانی از آلمان مقاله‌ای در نشریه نیچر به چاپ رساندند که در آن جزئیات ساخت نانوحلقه‌هایی درج شده که می‌توان از آن برای تولید مواد جدید در رشته شیمی استفاده کرد.

ترکیبات ساندویچی ترکیبات شیمیایی ویژه‌ای هستند که به عنوان بلوک‌های اصلی ساختمانی در شیمی آلی فلزی مورد استفاده قرار می گیرند. تاکنون ساختار آن‌ها همیشه خطی بوده است.

به تازگی، محققان انستیتوی فناوری کارلسروهه (KIT) و دانشگاه ماربورگ کمپلکس‌های ساندویچ انباشته شده را به شکل یک حلقه به اندازه نانو ساخته‌اند. درادامه کار، خواص فیزیکی و سایر خصوصیات این ساختارهای سیکلوسن بیشتر مورد بررسی قرار خواهد گرفت. نتایج این یافته‌ها در نشریه Nature به چاپ رسیده است.

کمپلکس‌های ساندویچ حدود ۷۰ سال پیش ساخته شده و ساختاری شبیه به ساندویچ دارند. دو حلقه آلی آروماتیک مسطح (دو برش مجزا از نان را در نظر بگیرید) با یک اتم فلزی مرکزی در میان این دو حلقه پر شده است. مانند برش‌های نان، هر دو حلقه به صورت موازی مرتب شده اند. با اضافه کردن لایه های بیشتر به



این ساختار و پرکردن فضای میان لایه‌ها، ساختارهای ساندویچی سه گانه یا چندگانه تولید می‌شود.

این نانوذرات جدید از ۱۸ بلوک ساختمانی تشکیل شده و قطر بیرونی آن ۳٫۸ نانومتر است. این ترکیب شیمیایی جدید توسط محققان «سیکلوسن» نامیده شد.

منبع www.phys.org

نانوذرات لیپیدی برای کشتن سلول‌ها و حذف ژن‌های مخرب استفاده شدند

گروهی از محققان از نانوذرات لیپیدی حاوی mRNA برای تحریک غیرتهاجمی و انتخابی مرگ سلولی در سلول‌های بنیادی خون موش‌های زنده استفاده کرده‌اند. در آزمایش دوم، آن‌ها از همین سیستم نانوذره‌ای برای حذف یک ژن تولیدکننده سلول داسی شکل در سلول‌های انسانی استفاده کردند.

چندین روش درمانی که شامل اصلاح پیش‌سازهای سلول‌های خونی در مغز استخوان به نام سلول‌های بنیادی خون‌ساز (HSCs) است، وجود دارد. این روش‌ها شامل استخراج HSها، دستکاری آن‌ها در یک محیط استریل و بازگرداندن آن‌ها به بدن، فرآیندی سخت و پرهزینه است و اغلب، قبل از دریافت HSCهای اصلاح شده، افراد باید یک رژیم شیمی درمانی دردناک و طاقت‌فرسا را برای از بین بردن سلول‌هایی که در مغز استخوان هستند، به کار ببرند.

این پیشرفت جدید شامل تزریق یک ترکیب به بدن است و از آنتی‌بادی‌ها برای رساندن محموله به مقصد مورد نظر استفاده می‌کند. این روش، تغییرات سلولی یا ژنتیکی خود را مستقیم و بدون نیاز به استخراج سلولی در بدن انجام می‌دهد.

محققان دو محموله ایجاد کردند: یکی که جهشی را برای بیماری سلول داسی شکل ویرایش می‌کرد و دیگری که به طور انتخابی HSCها را از بین می‌برد که نیاز به شیمی درمانی قبل از پیوند HSC را از بین می‌برد. حمیده پرهیز، بیوتکنولوژیست از دانشگاه پنسیلوانیا، می‌گوید: «اگر بتوان درمان‌ها را به طور موفقیت‌آمیزی برای بیماران به کار برد، این رویکرد در واقع ژن درمانی را نه تنها برای بیماران، بلکه برای سیستم مراقبت‌های بهداشتی ما مقرون‌به‌صرفه خواهد کرد».

منبع www.cen.acs.org

یک پوشش نانویی جایگزین تفلون می‌شود

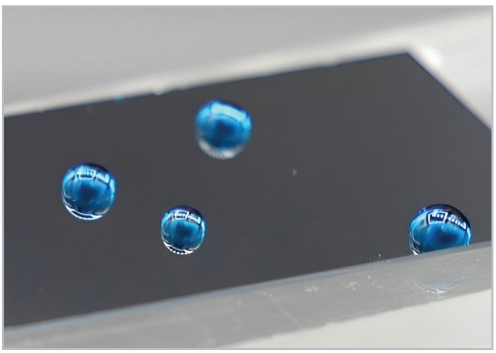
محققان استرالیایی نانوپوششی از جنس نوعی روغن ساختند که می‌تواند خاصیت نچسب بودن در ظروف ایجاد نماید.

محققان دانشگاه سیدنی با همکاری پژوهشگرانی از مؤسسه تحقیقات پلیمر ماکس پلانک دریافتند که نوعی مولکول روغن، زمانی که به صورت شیمیایی روی سطحی جامد با ضخامت بسیار نازک قرار می‌گیرد، همچنان خواص «شبه مایع» خود را حفظ می‌کند. چنین ویژگی، امکانات جدیدی را برای طراحی محصولاتی که چیزی به آن‌ها نمی‌چسبد، باز می‌کنند.

این پوشش «مایع مانند» که توسط این تیم مورد مطالعه قرار گرفته، معروف به سطوح مایع کووالانسی لغزنده (SCALS)، از سیلیکون یا پلی‌اتیلن گلیکول تولید می‌شود که هر دو این ترکیبات به محصولات جانبی بی‌ضرر در محیط زیست تبدیل می‌شوند.

SCALS یک ماده ضدچسبندگی بوده در حالی که به ترکیبات پلیمرهای پرفلوئورین مشکل‌ساز (PFA) متکی نیست. پلیمرهای پرفلوئورین به عنوان «مواد شیمیایی مادام‌العمر» شناخته می‌شود که معمولاً برای ایجاد خصوصیات چسبندگی کم از آن‌ها استفاده می‌شود.

نتو از محققان دانشگاه سیدنی گفت: «این لایه‌های مایع مانند بسیار لغزنده هستند. آن‌ها قطرات مایع را سُر می‌دهند که برای افزایش کارآیی انتقال حرارت بسیار عالی است و برای جمع‌آوری



آب، اثربخش بوده و در برابر چسبندگی یخ و باکتری مقاومت می‌کنند.»

وی افزود: «ما می‌توانیم میان عملکرد استثنایی این لایه‌ها با نانوساختار آن‌ها ارتباط برقرار کنیم به این معنی که اکنون می‌دانیم که هنگام طراحی سطوح لغزنده، چه چیزی را هدف قرار می‌دهیم و این به ما این امکان را می‌دهد تا آن‌ها را مؤثرتر طراحی کرده و جایگزین مناسبی برای پوشش‌های فلئوردار ارائه دهیم.»

این لایه‌های نانومقیاس نازک لغزنده از مولکول‌های روغنی تشکیل شده‌اند که فقط صد اتم ضخامت دارند.

منبع www.nanowerk.com

عرضه اپوکسی‌های نانویی با ویژگی‌های حرارتی و الکتریکی خاص

شرکت جی۶ متریالز (G6Materials) از راه‌اندازی خط تولید جدید G6-EPOXY رسانای حرارتی خبر داد.

این محصول جدید شرکت جی۶ متریالز «G6E-TSHV» نام دارد و یک اپوکسی با رسانایی حرارتی بالا و غیررسانای الکتریکی است، در حالی که دومین محصول شرکت جی۶ متریالز «G6E-TSAL» نام دارد و یک اپوکسی رسانای حرارتی، غیررسانای الکتریکی و با ویسکوزیته پایین است. هر دو محصول جدید در اندازه‌های مختلف موجود هستند.

این خط تولید جدید، دامنه G6-EPOXY را به حوزه جدیدی از بازار اپوکسی گسترش می‌دهد. تمام تحقیقات و توسعه خط جدید توسط خود شرکت انجام شده است و هفت محصول دیگر نیز در حال آماده‌سازی برای عرضه در آینده نزدیک است.

دانیل استولیاروف؛ مدیرعامل جی۶ متریالز گفت: «ما برای عرضه این خط تولید جدید از محصولات هیجان‌زده هستیم. ما در تلاش هستیم تا فرمول‌های جدیدی ایجاد کنیم تا راه‌حل‌هایی برای رفع چالش‌های مشتریانمان ارائه کنیم و مشکلاتی را که هنگام کار برای توسعه محصولات پیشرفته و فناوری‌های نوظهور با آن‌ها مواجه هستند، برطرف کنیم.»

منبع www.g6-materials.com

یک ترفند علمی برای جلوگیری از گرم کردن نانوحسگرها در فرآیند تولید

نوشین نصیری؛ استادیار دانشگاه مک‌کواری با ارائه یک ترفند علمی، نیاز به گرم کردن نانوحسگرها را در فرآیند ساخت حذف کرده و یک روش ساده و با کارایی بالا را جایگزین آن کرده است.

مهندسان دانشگاه مک‌کواری روش جدیدی را ایجاد کرده‌اند که از اتانول برای تولید نانوحسگرها پایدارتر، ارزان‌تر و کارآمدتر استفاده می‌کند.

این تیم مهندسی به جای فرآیند معمولی که شامل گرمایش مواد تا دمای بالا است، از یک قطره اتانول استفاده کرده است.

نانوحسگرها از میلیاردها نانوذره بر روی یک سطح حسگر کوچک تشکیل شده‌اند. با این حال، بسیاری از این حسگرها بعد از تولید، به دلیل پیوندهای طبیعی ضعیف بین ذرات خوب کار می‌کند. این پیوند ضعیف منجر به شکاف بین نانوذرات شده در نهایت مانع از انتقال سیگنال‌های الکتریکی می‌شود.

به‌منظور رفع این مشکل، این حسگرها در دمای بالا قرار می‌گیرند تا لایه‌ها و فضای خالی بین نانوذرات در یک فرآیند وقت‌گیر و انرژی‌بر پر شده و کانال‌هایی به وجود آید که به الکترون‌ها اجازه می‌دهد از این لایه‌ها عبور کنند.

این کوره‌ها بیشتر حسگرهای مبتنی بر پلیمر را از بین می‌برند و نانوحسگرهای حاوی الکترودهای ریز مانند آن‌هایی که در دستگاه‌های حوزه نانوالکترونیک هستند، ممکن است ذوب شوند. در حال حاضر بسیاری از مواد برای ایجاد حسگرها قابل استفاده نیستند زیرا نمی توانند در برابر گرما مقاومت کنند.

روش جدیدی که توسط این تیم تحقیقاتی ارائه شده، راه‌حلی برای رفع این مشکل ارائه می‌دهد که باعث می‌شود نانوحسگرها از طیف وسیعی از مواد ساخته شوند.

منبع www.australianmanufacturing.com.au

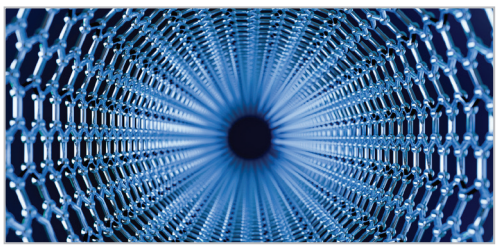
یکی از کوچک‌ترین ترانزیستورهای حاوی نانولوله‌کربنی ساخته شد

محققان دانشگاه پکن با همکاری چند گروه تحقیقاتی دیگر موفق شده‌اند نانولوله‌های کربنی را در FET (ترانزیستور اثر میدانی) در مقیاس ۹۰ نانومتری کوچک‌سازی کنند، متراکم‌ترین مقیاسی که تاکنون برای چنین کاری به دست آمده است.

این نتایج مسیر ارائه گره‌های نیمه‌رسانای ۱۰ نانومتری را هموار می‌کند. نتایج این تحقیق در Nature Electronics منتشر شده است و در آن کوچک‌سازی یک FET مبتنی بر لوله‌های کربنی در مقیاس بسیار پایین نشان داده شده است. چنین دستاوردی می‌تواند به چین کمک کند تا فناوری تولید خود را به گونه‌ای مدرن‌سازی کند که از آن در برابر تحریم‌های فناوری آمریکا محافظت کند.

ژیونگ ژانگ یکی از محققان این پروژه می‌گوید: «پیشرفت‌های اخیر در دستیابی به آرایه‌های نانولوله‌های کربنی نیمه‌رسانا با چگالی بالا در مقیاس ویفر، ما را یک قدم به استفاده عملی از نانولوله‌های کربنی در مدارهای CMOS نزدیک‌تر کرد.»

محققان رویکردی دقیق برای طراحی خود در نظر گرفتند و از طرح‌های ساده‌تر و کم‌تراکم‌تر برای رسیدن به نقطه‌ای معادل ۱۰ نانومتر، استفاده کردند. طرح‌های اولیه FET نانولوله‌های کربنی که توسط این تیم به دست آمد، دارای «دانسیته نانومتر» در ۱۷۵



نانومتر بودند، اما چگالی، سوئیچینگ و ویژگی‌های حرارتی را به نمایش گذاشتند که از آنچه با فرآیندهای CMOS 45 نانومتری به‌دست آمده بود، پیشی گرفت. سپس آن‌ها به سمت طراحی نانولوله کربنی با لایه ۹۰ نانومتری رفتند که یک بار دیگر عملکرد خود را ثابت کرد.

در این پروژه محققان مجبور شدند روش جدیدی برای برش نانولوله‌های کربنی (که طول آن‌ها معمولاً مقاومت الکتریکی لوله را مشخص می‌کند) ابداع کنند تا بتوانند لوله‌های کوتاه‌تری ایجاد کنند که همچنان ویژگی‌های الکتریکی مورد نیاز را نشان می‌دهند. در پایان، آن‌ها انتظار دارند که طراحی FET نانولوله کربنی آن‌ها تا اندازه‌هایی قابل مقایسه با ترانزیستورهای سیلیکونی گره ۱۰ نانومتری باشد.

منبع www.yahoo.com

ویرایش هشتم کتاب «محصولات و تجهیزات فناوری نانوی ساخت ایران» منتشر شد.

برای دریافت نسخه الکترونیک
کیوآرکد را اسکن کنید.

ریاست جمهوری
معاونت علمی و فناوری
ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

سطح ۳
پایان‌نامه‌های موضوع ویژه و محصول‌محور
حمایت:
۲ برابر سطح ۱

سطح ۲
پایان‌نامه‌های اولویت‌دار و صنعتی
حمایت:
۱٫۵ برابر سطح ۱

سطح ۱
همه پایان‌نامه‌های حوزه فناوری نانو

حمایت از پایان‌نامه‌های فناوری نانو

پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی حوزه فناوری نانو می‌شود.

حمایت از پروپوزال

حمایت از پایان‌نامه دفاع‌شده

حمایت از دستاوردها

سقف حمایت از پروپوزال و پایان‌نامه دفاع‌شده

- کارشناسی ارشد: ۲۰ میلیون تومان
- دکتری تخصصی: ۴۰ میلیون تومان

سقف حمایت از دستاوردها تا ۵۰ میلیون تومان

- ثبت پتنت
- ساخت نمونه اولیه
- انتشار مقالات با کیفیت

راه‌های ارتباطی جهت کسب اطلاعات بیشتر

www.nano.ir/hrdc
hrdc@nano.ir
۰۲۱-۶۳۱۰۵