

صادرات نانوی ایرانی

نانو، دانش، اراده؛
مسیر درخشان کیتوتک از دل دانشگاه
تأمرهای صادرات

نانو در ایران

کاهش ۵۰ درصدی مصرف برق
در تصفیه خانه ها با نانو حباب ایرانی

ریاست جمهوری

معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش بنیان
ستاد توسعه فناوری های نانو و میکرو

فناوری نانو

سال بیست و چهارم | تابستان ۱۴۰۴ | شماره ۲ | پیاپی ۲۹۱

I S S N 2 2 2 8 - 5 3 8 5

نانو کاتالیست ها و کاربردشان در صنعت



معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش بنیان
ستاد توسعه فناوری های نانو و میکرو

افزایش بهره‌وری و کاهش وابستگی با نانوکاتالیست‌های ساخت داخل

- ❑ صرفه‌جویی ارزی در تأمین نانوکاتالیست‌ها و بنزین مورد نیاز کشور
- ❑ رفع وابستگی صنایع نفت، گاز و پتروشیمی به کاتالیست‌های خارجی
- ❑ کمک به کاهش ناترازی انرژی



فصلنامه فناوری نانو

۲۹۱

سال بیست و چهارم | تابستان ۱۴۰۴ | شماره ۲ | پیاپی ۲۹۱

صادرات نانوی ایرانی

۲ نانو، دانش، اراده؛ مسیر درخشان کیتوتک از دل دانشگاه تا مرزهای صادرات

نانو در ایران

- ۳ کاهش ۵۰ درصدی مصرف برق در تصفیه خانه ها با نانوحباب ایرانی
- ۴ مخازن نانویی ضدباکتری راه حلی برای ذخیره سازی آب سالم و با کیفیت
- ۵ مبارزه با پوسیدگی و حساسیت دندان با نانومیله های منیزیمی در خمیر دندان ایرانی
- ۶ با استفاده از فناوری نانو، فاز نخست پروژه آب شیرین کن بچستان به بهره برداری رسید
- ۷ کیت های نانویی ایرانی برای تشخیص سریع بیماری ها؛ از سرطان و عفونت معده تا بارداری
- ۹ عرضه کپسول گیاهی نانویی برای بیماران مبتلا به التهاب مزمن، بیماری های مفصلی و گوارشی

پژوهش در ایران

۱۰ دانشگاه یزد: بهبود عملکرد سلول های خورشیدی پروسکایی با فناوری نانو

گزارش

- ۱۱ کاربرد نانوکاتالیست های ریفرمینگ گازی در صنایع
- ۱۹ کاربرد نانوکاتالیست ها در فرایند هیدروژناسیون صنعتی
- ۲۷ کاربرد فناوری نانو در صنایع لاستیک و الاستومر

اخبار تجاری سازی

اخبار پژوهشگران

۳۳

۴۰

صاحب امتیاز:

ستاد توسعه فناوری های نانو و میکرو

مدیرمسئول:

علی محمد سلطانی

سر دبیر:

عماد احمدوند

مدیریت اجرا:

شرکت توسعه فناوری مهر ویژن

مدیر داخلی:

محمد اکبرزاده

دبیر صنعت:

مهدی کدخدائی

دبیر خبر:

داود قزایلو

همکاران این شماره:

آتوسا زنگنه، فهیمه مظاهری

مدیر هنری و طراح گرافیک:

محمد رضا صاحبی

صفحه آرایی:

مهدیه مه آبادی

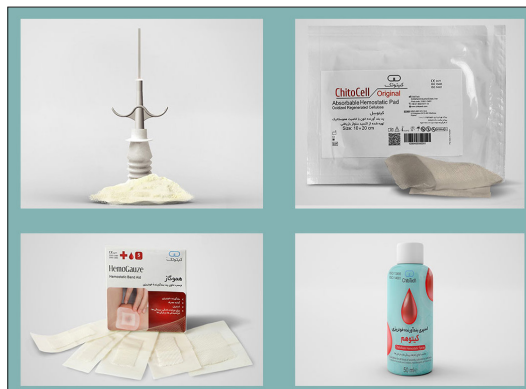
- فصلنامه فناوری نانو آماده انتشار مقالات و دیدگاه های محققان و صاحب نظران است.
- مسئولیت صحت مطالب بر عهده نویسندگان است.
- نقل مطالب فصلنامه فناوری نانو با ذکر منبع بلامانع است.
- آرشو نشریه فناوری نانو در سایت www.nano.ir موجود است.



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



نانو، دانش، اراده؛ مسیر درخشان کیتوتک از دل دانشگاه تا مرزهای صادرات



کردیم و همواره تحت حمایت ها و تشویق های استاد توسعه فناوری نانو قرار داشتیم.»

مدیرعامل شرکت کیتوتک درباره مزیت های صادراتی محصولات این شرکت می گوید: «خوشبختانه توانسته ایم این محصولات را به خارج از کشور، به ویژه کشورهای جنوب شرق آسیا، صادر کنیم. این محصولات ضد عفونی کننده مبتنی بر نانوقره در مقایسه با محصولات مبتنی بر الکل یا سایر مواد ضد عفونی کننده که در دوران اوج کرونا به وفور استفاده می شدند، مزایای مهمی دارند. به عنوان نمونه، ضد عفونی کننده های الکلی باعث خشکی بیش از حد پوست و بروز حساسیت های پوستی می شدند، اما محصولات ما این مشکلات را ندارند.»

وی درباره نقش این محصولات در بخش درمان و سلامت جامعه می گوید: «محصولات نانو نقره ما نه تنها باعث خشکی نمی شوند، بلکه به نرمی و لطافت پوست نیز کمک می کنند. خوشحالیم که شرکت کیتوتک توانست حتی سهم کوچکی در شرایط بحرانی آن زمان ایفا کند و به آرامش خاطر کسانی که نگران ایمنی و سلامت خود بودند، کمک کند. ما همچنان در حال گسترش عرضه این محصولات در بازار هستیم و تلاش داریم آن ها را به دست مصرف کنندگان بیشتری برسانیم.»

دکتر سهیلا سلحشور کردستانی؛ استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر، از پیشگامان تلفیق علم و صنعت در حوزه تجهیزات پزشکی است که باتکیه بر دانش تخصصی و کارآفرینی، بیش از ۳۰ اختراع ثبت کرده است. او با تحقیقات میدانی روی پوسته میگو به فرمولی نوآورانه برای ترمیم زخم دست یافته و محصولاتش را به کشورهای اروپایی نیز صادر کرده است. وی باور دارد مسیر تولید نیازمند صبر، پشتکار و نگاه چند گام جلوتر است؛ مسیری که از پشت بام خانه اش آغاز شد و به مرزهای بین المللی رسید.

شرکت دانش بنیان کیتوتک به مدیریت دکتر سهیلا سلحشور کردستانی، با اتکا به دانش بومی و فناوری نانو، موفق به تولید محصولات نوآورانه ترمیم زخم و بندآورنده های خون ریزی شده است. این محصولات که با استفاده از بیوپلیمرهای طبیعی ایرانی ساخته شده اند، اکنون به کشورهای مختلف جهان صادر می شوند. کیتوتک نمونه ای موفق از پیوند علم دانشگاهی با صنعت ملی است که مسیر خود را از تحقیقات دکتری تا بازارهای جهانی پیموده است.

دکتر سهیلا سلحشور کردستانی؛ مدیرعامل شرکت کیتوتک درباره این شرکت می گوید: «کیتوتک شرکتی است که فعالیت خود را بر پایه یک مجموعه تحقیقات علمی آغاز کرده است. این تحقیقات از دوران دکتری ما شروع شد و تمرکز آن بر بیوپلیمرهای طبیعی موجود در کشور بود. فعالیت های تحقیقاتی از حدود سال ۱۳۷۵-۱۳۷۶ کلید خورد و در نهایت شرکت کیتوتک در سال ۱۳۸۲ تأسیس شد.»

بنیان گذار شرکت کیتوتک می افزاید: «در ادامه این مسیر تحقیقاتی، نخستین محصولات شرکت طراحی شد. براساس دستاوردهای آن سال ها، گروهی از محصولات ترمیم زخم تولید شد که برای نخستین بار در ایران و حتی جهان، با استفاده از بیوپلیمرهای طبیعی به تولید رسید. این بیوپلیمرها از منابع طبیعی داخل کشور استخراج و بومی سازی شده بودند. ما همچنین موفق شدیم پنج ثبت اختراع بین المللی اروپایی برای این محصولات ثبت کنیم و تولید این محصولات را آغاز کردیم. این دستاوردها در ایران نیز بسیار مورد توجه قرار گرفتند.»

وی می گوید: «در شرکت کیتوتک چندین گروه محصول تولید می شود. گروه اول، ترمیم کننده های زخم هستند که خانواده بزرگی از محصولات را شامل می شوند و برای انواع زخم ها، به ویژه زخم های مزمن و مقاوم، کاربرد دارند. گروه دوم محصولات، مربوط به بندآورنده های خون ریزی هستند. این محصولات کاربرد گسترده ای در جراحی ها دارند، به ویژه برای بیمارانی که مشکلات انعقاد خون دارند، مانند بیماران هموفیلی. در حال حاضر ما سبد این محصولات را نیز توسعه داده ایم. برخی از این بندآورنده های خون ریزی به گونه ای طراحی شده اند که برای مصرف خانگی نیز مناسب باشند، مثلاً در موارد بریدگی یا خراش های سطحی که در زندگی روزمره رخ می دهد، به راحتی قابل استفاده هستند.»

دکتر کردستانی می افزاید: «یکی از محصولات جدید ما که با فناوری نانو ساخته شده، نوعی بندآورنده خون ریزی است که واقعاً در سطح جهانی منحصر به فرد است. ویژگی برجسته این محصولات استفاده از فناوری نانوقره است. ما تولید این محصولات را از سال ۱۳۸۵ آغاز

کاهش ۵۰ درصدی مصرف برق در تصفیه خانه‌ها با نانوحباب ایرانی



نمونه‌هایی موفق از اجرای آن در شهرهای مختلف گزارش شده است. اما نانوحباب تنها فناوری بومی در خدمت پایداری انرژی نیست. فناوری هسته‌ای نیز با توان تولید برق پایدار و بدون آلایندگی، می‌تواند بخش بزرگی از بار شبکه را تأمین کند. نیروگاه‌های هسته‌ای بدون انتشار دی‌اکسید کربن و با امکان فعالیت ۲۴ ساعته، یکی از گزینه‌های راهبردی برای تولید برق در مقیاس ملی به شمار می‌آیند. در کنار آن، هوش مصنوعی نیز به کمک صنعت برق آمده است. یک شرکت دانش بنیان ایرانی موفق به توسعه سامانه‌ای شده است که با رصد هوشمند مصرف خانگی، الگویی بهینه از مصرف ارائه می‌دهد تا مشترکان بتوانند مصرف خود را مدیریت کنند. این محصول به طور خاص برای کاهش بار شبکه در ساعات اوج مصرف طراحی شده و می‌تواند به کاهش خاموشی‌ها کمک کند.

علاوه بر این، از هوش مصنوعی می‌توان برای پیش‌بینی و پیشگیری از اختلالات نیروگاهی بهره گرفت. تحلیل داده‌های لحظه‌ای و پایش عملکرد تجهیزات با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته، امکان تشخیص علائم اولیه خرابی را فراهم می‌کند و فرصت زمان بندی دقیق تعمیرات را فراهم می‌آورد؛ راهکاری که می‌تواند خاموشی‌های ناگهانی را به طور چشمگیری کاهش دهد.

مجموعه‌ای از فناوری‌های پیشرفته و بومی شده، از جمله نانوحباب، هوش مصنوعی و انرژی هسته‌ای، می‌توانند به شکل دادن به آینده‌ای نو برای صنعت برق کشور کمک کنند. این راهکارها نه فقط به کاهش مصرف انرژی می‌انجامند، بلکه راه را برای برق‌رسانی پایدار، اقتصادی و پاک هموار می‌سازند. آینده‌ای که در آن، خاموشی دیگر یک دغدغه روزمره نخواهد بود.

فناوری نانوحباب که کمتر از یک دهه از معرفی جهانی‌اش می‌گذرد، حالا با توان بومی‌سازی شده در ایران، به عنوان راهکاری نوین برای کاهش چشمگیر مصرف انرژی در تصفیه‌خانه‌ها استفاده می‌شود. این فناوری با کاهش ۵۰ درصدی مصرف برق، نه تنها هزینه‌ها را کاهش داده، بلکه به پایداری شبکه برق کشور و مقابله با بحران خاموشی کمک می‌کند. در شرایطی که کشور با چالش‌های فزاینده در تأمین برق، افزایش مصرف خانگی، فشار بر شبکه توزیع و خاموشی در فصول گرم سال مواجه است، فناوری‌های بومی همچون نانوحباب و هوش مصنوعی می‌توانند راهکارهایی مؤثر و عملی برای عبور از بحران ارائه دهند. در این میان، فناوری نانوحباب جایگاه ویژه‌ای یافته؛ راهکاری نوین که هم مصرف انرژی را کاهش می‌دهد و هم بازده تصفیه را به طور محسوسی افزایش می‌دهد.

فناوری نانوحباب که کمتر از ده سال است در جهان توسعه یافته، اکنون در ایران به دست متخصصان داخلی بومی‌سازی شده و در بخش‌های مختلفی از صنعت کشور به کار گرفته می‌شود. این فناوری با تولید حباب‌های فوق ریز در مقیاس نانو، فرایند تصفیه را بهینه می‌کند و تا ۵۰ درصد مصرف برق را کاهش می‌دهد. کاهش مصرف انرژی، کاهش مصرف آب، کاهش استفاده از مواد شیمیایی و افزایش راندمان از مهم‌ترین مزایای آن است.

به گفته مدیر برنامه توسعه فناوری نانوحباب در ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو، این فناوری اکنون در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری، صنعتی و حتی آب آشامیدنی در حال اجراست و نقش مهمی در بهره‌وری مصرف انرژی در بخش آب کشور ایفا می‌کند. این دستاورد مهم با استقبال دستگاه‌های اجرایی و صنایع بزرگ نیز مواجه شده و

مخازن نانویی ضد باکتری راه حلی برای ذخیره سازی آب سالم و با کیفیت

اختصاصی چهار مرحله ای در ساخت مستریج، به گونه ای در ساختار مخزن جای گذاری شده اند که خاصیت ضد میکروبی یکنواخت، بادوام و پایدار ایجاد می شود. این نانومواد بدون تغییر رنگ، به طور کامل با مواد پلیمری زمینه ممزوج شده و در تمام فرایندهای شکل دهی از جمله تزریق، قالب گیری بادی، اکستروژن و قالب گیری دورانی قابل استفاده هستند. استفاده از این ترکیبات باعث شده که ویژگی های مکانیکی مانند استحکام، مقاومت در برابر خوردگی و دوام در شرایط سخت محیطی نیز در سطح بالایی حفظ شود.



یکی از چالش های همیشگی در نگهداری آب، حفظ کیفیت آن در برابر رشد باکتری ها، جلبک ها و آلودگی های زیستی است. شرکت تهران پلیمر یارا با بهره گیری از فناوری نانو مخازن سه لایه پلی اتیلنی با خاصیت ضد باکتری تولید می کند. این مخازن با ماندگاری بالا و حذف بیش از ۹۹٫۹۹ درصد میکروارگانیسم ها، راه حلی کارآمد برای ذخیره سازی ایمن آب در مصارف خانگی و صنعتی ارائه می کنند. نگهداری سالم و بلندمدت آب یکی از نیازهای حیاتی در ساختمان ها، صنایع و مناطق کم آب به شمار می آید. در شرایطی که افزایش دما، رشد میکروارگانیسم ها و آلودگی های زیستی تهدیدی جدی برای کیفیت آب محسوب می شود، شرکت های فناوری داخلی باتکیه بر فناوری های نوین، راه حل هایی خلاقانه ارائه داده اند. یکی از این

نوآوری ها، تولید مخازن آنتی باکتریال پلی اتیلنی با استفاده از نانوذرات است که توسط شرکت تهران پلیمر یارا به مرحله تولید صنعتی رسیده است.

این شرکت با تجربه ای بیش از دو دهه در زمینه تولید انواع مخازن ذخیره سازی آب، با بهره گیری از فناوری نانو نسل جدیدی از مخازن پلی اتیلنی را تولید می کند که به صورت تک لایه و چند لایه طراحی شده اند. مخازن تک لایه معمولاً برای مصارف صنعتی و عمومی کاربرد دارند، در حالی که مخازن سه لایه، با ساختاری پیشرفته تر، به طور ویژه برای ذخیره سازی آب شرب طراحی شده اند.

■ ساختار سه لایه؛ ترکیبی از استحکام، ایمنی و دوام

در نسل جدید این مخازن، ساختار سه لایه ای طراحی شده که در آن، لایه داخلی دارای خاصیت ضد باکتری، لایه میانی برای جلوگیری از عبور نور و رشد جلبک و لایه خارجی برای محافظت فیزیکی و مقاوم سازی در برابر اشعه UV در نظر گرفته شده است. این طراحی مانع از رشد جلبک، کپک، قارچ و دیگر عوامل بیماری زا در داخل مخزن شده و کیفیت آب ذخیره شده را در بازه های زمانی طولانی حفظ می کند.

■ فناوری نانو در خدمت سلامت آب

پلیمر استفاده شده در این مخازن با نانوذرات بایوسید، نظیر نانو اکسید روی و نقره، تقویت شده است. این نانوذرات دارای خاصیت ضد باکتری، ضد قارچ و ضد کپک هستند و با بهره گیری از فرایند

■ اثربخشی اثبات شده در آزمایش ها

بررسی های انجام شده نشان می دهد که این مخازن نانویی توانسته اند باکتری هایی مانند E.coli و S.aureus و نیز قارچ هایی مانند کپک نان و میوه را تا ۹۹٫۹۹ درصد کاهش دهند. همچنین، خاصیت ضد باکتری آن ها در بازه های زمانی طولانی حفظ شده و برای مناطق با رطوبت بالا، محیط های تاریک، یا شرایط خشک و پرگرد و غبار نیز قابل استفاده اند.

■ مزایای عملکردی و کاربردی متنوع

از جمله مزایای این مخازن می توان به وزن سبک، حمل و نقل آسان، نصب سریع، مقاومت بالا در برابر تغییرات دمایی، حفظ رنگ طبیعی محصول و عدم ایجاد طعم و بوی نامطبوع در آب اشاره کرد. همین ویژگی ها باعث شده که این مخازن در طیف گسترده ای از صنایع از جمله صنایع غذایی، دارویی، کشاورزی، شيلات و دام پروری مورد استفاده قرار گیرند.

علاوه بر بازار داخلی، این مخازن توانسته اند به بازارهای منطقه ای نیز راه یابند. صادرات موفق این محصولات به کشورهای حوزه خلیج فارس و افغانستان، نشان دهنده اعتماد به کیفیت تولیدات بومی و ظرفیت صادراتی فناوریانه کشور است.

■ قابلیت تولید در ابعاد و اشکال متنوع

یکی از ویژگی های منحصر به فرد این محصولات، تنوع بسیار بالای آن ها از نظر ظرفیت (لیتری) و شکل است. این مخازن در بیش از ۱۰ نوع مدل طراحی و عرضه می شوند تا نیازهای متنوع مشتریان، از استفاده در پشت بام های ساختمان های مسکونی گرفته تا فضاهای صنعتی، پوشش داده شود.

مبارزه با پوسیدگی و حساسیت دندان با نانومیله‌های منیزیمی در خمیردندان ایرانی



کوچکشان، قابلیت پیوند قوی با پروتئین‌های بزاق و ساختارهای میکروبی دهان را دارند. این نانوذرات با پر کردن میکروتک‌ها، حفرات و فرورفتگی‌های سطحی مینای دندان، به تقویت ساختار آن و کاهش نفوذپذیری نسبت به محرک‌ها کمک می‌کنند. در نتیجه، حساسیت دندان به تدریج کاهش می‌یابد و سطح دندان نسبت به عوامل مخرب بیرونی مقاوم‌تر می‌شود.

علاوه بر ترمیم ساختاری، این نانوذرات در مهار رشد پلاک‌های میکروبی و کاهش التهاب لثه نیز نقش دارند و با چسبیدن به دیواره باکتری‌ها یا ممانعت از تشکیل بیوفیلم، احتمال بروز پوسیدگی و التهاب را کاهش می‌دهند.

این خمیردندان برای استفاده روزانه طراحی شده و با توجه به فرمولاسیون ایمن و مؤثر آن، برای تمامی گروه‌های سنی قابل استفاده است. حتی در کودکان و سالمندان که مینای دندان حساس‌تر است، این محصول می‌تواند با تقویت ساختار دندان‌ها، نقش پیشگیرانه مؤثری ایفا کند.

نکته قابل توجه در خصوص این محصول، بومی‌سازی دانش فنی و تولید آن توسط گروه صنعتی پاکشو است. این دستاورد نشان‌دهنده توان فنی و علمی کشور در بهره‌گیری از فناوری نانو در حوزه سلامت است. علاوه بر این، تولید داخلی چنین محصولی می‌تواند به کاهش وابستگی به واردات، کاهش هزینه‌های درمانی و ارتقای کیفیت زندگی مردم کمک کند. استفاده از فناوری نانو در حوزه‌های بهداشت فردی، افق‌های تازه‌ای در پیشگیری و درمان بیماری‌ها گشوده است. خمیردندان نانویی مریدنت نمونه‌ای موفق از این رویکرد است که با ترکیبی نوین از نانومیله‌های منیزیمی هیدروکسی‌آپاتیت، نه تنها با حساسیت و پوسیدگی مقابله می‌کند، بلکه با ترمیم تدریجی مینای دندان، سطحی مقاوم و پایدار برای حفاظت در برابر عوامل آسیب‌زا ایجاد می‌کند. این محصول می‌تواند به انتخابی مطمئن برای خانواده‌ها تبدیل شود.

گروه صنعتی پاکشو باتکیه بر فناوری نانو، خمیردندانی نوآورانه با خاصیت ضدحساسیت و ترمیم‌کنندگی مینای دندان عرضه کرده است. این محصول با بهره‌گیری از نانومیله‌های منیزیم هیدروکسی‌آپاتیت کربناته شده، علاوه بر مقابله با پوسیدگی، به کاهش دردهای ناشی از حساسیت دندان نیز کمک می‌کند. خمیردندان نانویی مریدنت، گامی نو در بهداشت دهان و دندان به شمار می‌رود.

در سال‌های اخیر با گسترش پژوهش‌های علمی و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، حوزه بهداشت دهان و دندان نیز دستخوش تحولات مهمی شده است. یکی از دستاوردهای مهم در این عرصه، استفاده از فناوری نانو برای ارتقای عملکرد خمیردندان‌هاست. گروه صنعتی پاکشو به عنوان یکی از تولیدکنندگان مطرح محصولات بهداشتی در کشور، موفق به تولید خمیردندانی حاوی نانومیله‌های منیزیم هیدروکسی‌آپاتیت کربناته شده، تحت برند مریدنت شده که ویژگی‌هایی مانند ترمیم تدریجی مینای دندان، کاهش حساسیت، سفیدکنندگی و خوشبوکنندگی دهان را به طور هم‌زمان ارائه می‌دهد.

■ حساسیت دندان؛ مشکلی فراگیر با پیامدهای جدی

یکی از مشکلات شایع دهان و دندان، حساسیت دندان است که هنگام خوردن یا آشامیدن مواد غذایی سرد، گرم، اسیدی، شیرین یا حتی هنگام تنفس در هوای سرد با دهان باز، به صورت درد ناگهانی و گاه آزاردهنده بروز می‌کند. این درد می‌تواند نشانه‌ای از آسیب به مینای دندان، تحلیل لثه یا وجود ترک‌های سطحی در دندان‌ها باشد. اگرچه شدت این درد در مواردی گذراست، اما تداوم آن در صورت بی‌توجهی می‌تواند به بروز مشکلات جدی‌تری مانند پوسیدگی‌های گسترده یا التهاب لثه منجر شود.

■ ترمیم هوشمند مینای دندان با نانومیله‌های منیزیمی

خمیردندان نانویی مریدنت برای مقابله با این مشکلات، از ترکیبی نوآورانه بهره می‌برد: نانومیله‌های منیزیم هیدروکسی‌آپاتیت کربناته شده. هیدروکسی‌آپاتیت، ماده‌ای معدنی و زیست‌سازگار است که به طور طبیعی در ساختار مینای دندان و استخوان‌ها یافت می‌شود. با مهندسی این ماده در مقیاس نانو، می‌توان از آن به عنوان عاملی مؤثر برای ترمیم سطح آسیب‌دیده مینا استفاده کرد.

■ نقش فناوری نانو در اثربخشی بالای خمیردندان

نانوهیدروکسی‌آپاتیت‌ها به دلیل سطح ویژه بالا و اندازه بسیار

با استفاده از فناوری نانو، فاز نخست پروژه آب شیرین کن بجستان به بهره‌برداری رسید



هستند که بر پایهٔ پارچه‌هایی مانند پلی اتیلن ساخته می‌شوند. طراحی مناسب فاصله غشاها، انتخاب نوع رزین و پوشش‌های مورد استفاده بر عملکرد نهایی سامانه تأثیر مستقیم دارد. جریان آب موازی با صفحات غشا و جریان یون‌ها عمود بر آن است. برخلاف روش‌های مرسوم که بر پایهٔ غربالگری فیزیکی هستند، سازوکار اصلی در الکترودیالیز «القای یونی» است که در آن آلودگی‌ها به جای فیلتر شدن، به سمت الکترود ناهم‌نام خود کشیده می‌شوند.

در ادامه توسعه این فناوری، روش الکترودیالیز معکوس (EDR) استفاده شده که در آن جهت جریان الکتریکی به صورت متناوب تغییر می‌کند تا از گرفتگی غشاها جلوگیری شود. این روش دارای مزایای متعددی از جمله مصرف انرژی کمتر (حدود ۰.۴ کیلووات ساعت به ازای هر مترمکعب آب)، بازده بازیابی بالا (تا ۹۰ درصد)، عمر طولانی غشاها (حدود ۱۰ سال) و شست‌وشوی کاملاً خودکار است. همچنین در این فرایند برخلاف اسمز معکوس، نیازی به افزودن مواد ضد رسوب نیست که این خود موجب کاهش هزینه‌های نگهداری می‌شود.

در مجموع بهره‌گیری از فناوری نانو در پوشش‌دهی الکترودها و بهینه‌سازی ساختار غشاها، به بهبود عملکرد سامانه الکترودیالیز و ارتقای جایگاه آن به عنوان روشی پایدار، کم‌هزینه و قابل اعتماد در تصفیه آب و بازیابی پساب‌های صنعتی کمک شایانی کرده است.

با استفاده از فناوری پیشرفته RO-EDR و همکاری شرکت پیام‌آوران نانو فناوری فردانگر با آبفای خراسان رضوی، فاز نخست پروژه آب شیرین کن بجستان به بهره‌برداری رسید.

فاز نخست یکی از پروژه‌های مهم تأمین آب شرب استان خراسان رضوی در شهرستان بجستان با موفقیت توسط شرکت دانش بنیان پیام‌آوران نانو فناوری فردانگر (PNF) طراحی، اجرا و به بهره‌برداری رسید. این طرح با هدف مقابله با بحران کم‌آبی و ارتقای کیفیت آب شرب در مناطق خشک کشور، در همکاری نزدیک با شرکت استان خراسان رضوی اجرا شده است.

در این پروژه، با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین اسمز معکوس (RO) و الکترودیالیز معکوس انتخابی (EDR)، دو خط مجزای تصفیه با مجموع ظرفیت ۳,۰۰۰ مترمکعب در شبانه‌روز طراحی شده است. این سامانه، بازدهی خالص ۸۵ درصدی دارد و ضمن تأمین پایدار آب شرب، وابستگی به برداشت از منابع زیرزمینی را کاهش می‌دهد.

فناوری EDR به عنوان یکی از فناوری‌های نوین در صنعت تصفیه آب، امکان بازچرخانی پساب شور تغلیظ شده را فراهم کرده و در کنار فناوری RO، بازدهی سامانه را به شکل چشمگیری افزایش داده است. شرکت PNF به عنوان یکی از پیشگامان بهره‌گیری از فناوری EDR در کشور، نقش مهمی در توسعه این رویکرد فناورانه در صنعت تصفیه آب دارد.

با بهره‌برداری از فاز نخست این پروژه، دسترسی به آب آشامیدنی سالم و پایدار برای مردم شهرستان بجستان فراهم شده و گامی مهم در جهت پایداری منابع آبی منطقه و مقابله با چالش‌های ناشی از کم‌آبی برداشته شده است.

در فرایند تصفیه آب به روش الکترودیالیز، فناوری نانو با پوشش‌دهی الکترودها با نانوذرات، نقشی مهم در بهبود بهره‌وری و افزایش عملکرد ایفا می‌کند. این فناوری باعث کاهش مقاومت الکتریکی و افزایش بازده انتقال یون‌ها می‌شود.

الکترودیالیز، روشی غشایی و الکتروشیمیایی است که در آن با اعمال یک اختلاف پتانسیل بین دو الکترود، یون‌ها از محلول جدا شده و به سمت الکترود با بار مخالف حرکت می‌کنند. در این فرایند، غشاها کاتیونی و آنیونی به صورت متناوب در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و با عبور کاتیون‌ها و آنیون‌ها از غشای مخصوص خود، حذف یون‌ها از جریان آب صورت می‌گیرد. هدف اصلی، تولید آب بدون یون یا کاهش شوری آب‌های شور و فاضلاب صنعتی است. غشاها مورد استفاده از نوع پلیمری حاوی رزین تبادل یونی

کیت‌های نانویی ایرانی برای تشخیص سریع بیماری‌ها؛ از سرطان و عفونت معده تا بارداری



یکی از این شرکت‌ها، «زیست‌تشخیص سنج» است که با تمرکز بر توسعه محصولات زیست‌پزشکی، به‌ویژه کیت‌های تشخیص سریع، توانسته گام‌های بلندی در مسیر خودکفایی بردارد. این مجموعه دانش‌بنیان از سال ۱۳۹۶ با هدایت هادی باقری؛ دانش‌آموخته بیوتکنولوژی پزشکی از دانشگاه تربیت مدرس، فعالیت خود را آغاز کرد و طی چند سال اخیر با بهره‌گیری از توان علمی جوانان متخصص کشور، موفق به تولید بیش از ۹ محصول دانش‌بنیان شده است. هادی باقری؛ مدیرعامل این شرکت، با اشاره به اهمیت کاهش وابستگی کشور به واردات تجهیزات تشخیصی، می‌گوید: «براساس مطالعات بازار، سالانه حدود ۱۰ میلیون دلار صرف واردات کیت‌های تشخیص سریع می‌شود. ما با هدف کاهش ارزش‌بری، تولید این محصولات را به‌صورت مرحله‌ای آغاز کردیم و باتکیه بر کیفیت بالا و قیمت رقابتی، توانستیم در کمتر از یک سال سهمی بیش از ۱۰ درصد از بازار را کسب کنیم.»

کیت تشخیص سریع سکنه قلبی، ازجمله تولیدات راهبردی

باتکیه بر توان متخصصان داخلی، تولید بومی کیت‌های نانویی تشخیصی در ایران در حال انجام است؛ محصولاتی که نقش مهمی در شناسایی سریع و دقیق بیماری‌هایی چون سرطان، عفونت‌های گوارشی و بارداری دارند. این کیت‌ها با کیفیت بالا و قیمتی کمتر از نمونه‌های خارجی، ضمن کاهش وابستگی به واردات، گامی مؤثر در مسیر خودکفایی حوزه سلامت کشور محسوب می‌شوند.

نانوزیست‌فناوری به‌عنوان یکی از پیشران‌های اصلی توسعه پایدار، نقشی کلیدی در ارتقای سلامت عمومی، تقویت امنیت غذایی، کاهش آلاینده‌های محیط‌زیستی و افزایش بهره‌وری در بخش‌های صنعتی ایفا می‌کند. این حوزه با فراهم‌سازی بسترهای نوآورانه و تکیه بر دانش بومی، نه تنها کیفیت زندگی را بهبود می‌بخشد بلکه مسیر اقتصاد دانش‌بنیان را نیز هموار می‌سازد. در کشور ما، شرکت‌های دانش‌بنیان با شناسایی نیازهای راهبردی، در حال شکل‌دهی به موج جدیدی از تولیدات داخلی هستند که یکی از نمونه‌های موفق آن در حوزه کیت‌های تشخیصی پزشکی به چشم می‌خورد.



می‌کند: «دریافت مجوزهای سازمان غذا و دارو برای ما مهم‌ترین گام بود. ما از ابتدا استانداردهای بین‌المللی از جمله ISO13485 را در فرایند تولید رعایت کردیم و همین مسئله موجب شد در مدت کوتاهی چهار مجوز ملی و پنج تأییدیه نانومقیاس را از مراجع معتبر دریافت کنیم».

با وجود رقابت شدید واردکنندگان و کاهش عمده قیمت‌ها در بازار، این شرکت توانست با کاهش ۴۵ درصدی قیمت نهایی محصولات، بدون افت کیفیت، سهم بازار خود را حفظ و حتی افزایش دهد. در کنار آن، توسعه خطوط تولید، صنعتی‌سازی فناوری «لترال فلو» و بومی‌سازی کامل دانش فنی، از مهم‌ترین عوامل موفقیت این شرکت محسوب می‌شود.

امروز مجموعه زیست‌تشخیص سنج به برخورداری از تیمی متشکل از بیش از ۵۰ نیروی متخصص و برنامه‌ریزی برای رشد این تعداد به ۱۰۰ نفر تا سال ۱۴۰۴، به یکی از بازیگران تأثیرگذار عرصه تولید کیت‌های زیستی در ایران تبدیل شده است. این شرکت تنها در سال گذشته بیش از ۲٫۵ میلیون تست تولید کرده و ضمن کسب ۳۰ درصد از بازار داخلی، حدود ۲ میلیون دلار صرفه‌جویی ارزی برای کشور به همراه داشته است.

در افق پیش‌رو، ورود به بازارهای بین‌المللی، توسعه دیپلماسی فناوری و انتقال فناوری‌های روز به کشور، از جمله اهداف این مجموعه دانش‌بنیان است. به گفته مدیرعامل، تحقیق و توسعه نباید در مرزهای ملی متوقف بماند. ما نیاز داریم در تعامل مستمر با نخبگان و فناوران جهان، دانش و فناوری را به کشور منتقل کنیم و هم‌زمان سهمی در بازارهای جهانی به دست آوریم.

به باور وی، آنچه موفقیت در این مسیر را ممکن می‌سازد، اعتماد به جوانان، تلاش مستمر و حمایت هدفمند حاکمیت از تولیدکنندگان داخلی است؛ مسیری که هرچند دشوار، اما ضامن پایداری و اقتدار علمی کشور خواهد بود.

این شرکت است که جایگزین واردات چند میلیون یورویی شده و در حال حاضر در اوزانس‌های سراسر کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. این کیت که سالانه بیش از یک میلیون قطعه از آن در کشور مصرف می‌شود، اکنون به مرحله‌ای رسیده که حتی از ورود نمونه‌های خارجی به بازار جلوگیری کرده است.

از دیگر محصولات شاخص این شرکت می‌توان به کیت غربالگری سرطان روده اشاره کرد که در راستای برنامه وزارت بهداشت برای پیشگیری و شناسایی زودهنگام این بیماری، توسعه یافته و تاکنون بیش از یک و نیم میلیون تست آن در کشور به اجرا درآمده است. همچنین، کیت‌های شناسایی عفونت معده (هلیکوباکتر پیلوری)، کیت تشخیص عفونت خون (پروکلسیتونین) و نیز کیت‌های مرتبط با سندرم روده تحریک‌پذیر از دیگر تولیدات این مجموعه هستند که هر یک در پاسخ به نیازهای واقعی نظام سلامت ایران طراحی شده‌اند.

در حوزه نوآوری نیز، این شرکت موفق به توسعه کیت غیرتهاجمی تشخیص سرطان روده شده که به گفته مسئولان این شرکت، دومین نمونه ثبت شده آن در جهان است و با دریافت پتنت آمریکا، در آستانه ورود به بازار بین‌المللی قرار دارد. این محصول جایگزینی برای روش کلونوسکوپی است و با حذف نیاز به روش‌های تهاجمی، تشخیص این سرطان را ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر می‌سازد.

از دیگر اقدامات مهم زیست‌تشخیص سنج، تولید کیت تشخیص آنتی‌بیوتیک در شیر است. این کیت که در صنعت لبنیات برای کنترل کیفیت و ایمنی به کار می‌رود، تاکنون سالانه نزدیک به دومیلیون دلار واردات را به کشور تحمیل می‌کرد. اکنون این محصول با دریافت مجوز از سازمان دامپزشکی، در دسترس شرکت‌های لبنی داخلی قرار دارد.

مدیرعامل شرکت همچنین از نقش استانداردسازی و تأمین الزامات کیفی در موفقیت بازار محصولات داخلی سخن می‌گوید و تأکید

عرضه کپسول گیاهی نانویی برای بیماران مبتلا به التهاب مزمن، بیماری‌های مفصلی و گوارشی



با غلظت بالاتری به بافت‌های هدف مانند مفاصل، کبد و سیستم عصبی می‌رسند.

ازجمله کاربردهای این دارو می‌توان به درمان التهاب مفاصل (مانند آرتروز و آرتريت روماتوئید)، بیماری‌های گوارشی (کولیت، سندرم روده تحریک‌پذیر)، مشکلات پوستی (پسوریازیس، اگزما)، بیماری‌های کبدی (کبد چرب) و حتی پیشگیری از عوارض دیابت و بیماری‌های عصبی مانند آلزایمر اشاره کرد.

این شرکت نه تنها اثربخشی درمانی این محصول را افزایش داده، بلکه دوز مصرفی مورد نیاز را کاهش داده و عوارض جانبی را به حداقل رسانده است. این کپسول به صورت روزانه یک تا سه عدد قابل مصرف است، اما توصیه می‌شود بیماران پیش از استفاده با پزشک مشورت کنند.

با توجه به افزایش تقاضا برای داروهای گیاهی با اثربخشی بالا، این محصول می‌تواند گزینه مناسبی برای بیماران مبتلا به التهاب‌های مزمن باشد.

یک شرکت دارویی ایرانی، با فناوری نانو کپسولی گیاهی تولید کرده که در درمان التهاب مفاصل، مشکلات گوارشی و بیماری‌های مزمن تأثیرگذار است. این محصول با افزایش جذب ماده مؤثر زردچوبه در بدن، اثرات درمانی قوی‌تری نسبت به داروهای رایج دارد.

شرکت فناوری نانو دارو البرز؛ تولیدکننده پیشرو در حوزه داروهای گیاهی، از عرضه یک کپسول نانویی حاوی عصاره زردچوبه خبر داد. این محصول با بهره‌گیری از فناوری نانو، جذب و اثربخشی کورکومین، ترکیب اصلی زردچوبه را به طور چشمگیری افزایش داده و برای درمان طیف گسترده‌ای از بیماری‌های التهابی و تخریب‌کننده طراحی شده است.

کورکومین، ماده مؤثره این کپسول، به دلیل خواص ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی قوی شناخته شده است. با این حال، مشکل اصلی آن حلالیت پایین در آب و جذب محدود در بدن بوده که با فرمولاسیون نانویی این محصول برطرف شده است. نانوذرات کورکومین موجود در این کپسول، جذب بهتری در روده داشته و

دانشگاه یزد: بهبود عملکرد سلول‌های خورشیدی پروسکایتی با فناوری نانو



این پژوهشگر همچنین بیان کرد که سلول‌های خورشیدی پروسکایتی به دلیل فرایند ساخت ساده‌تر نسبت به نسل‌های قبلی، طی مدت کوتاهی پیشرفت قابل توجهی داشته‌اند. مهم‌ترین چالش‌ها در این حوزه بهبود بازده، افزایش پایداری و کاهش هزینه تولید سلول‌هاست.

در این تحقیق، ساختار نانومتخلخل برای سلول‌های خورشیدی پروسکایتی سه‌بعدی طراحی و بهینه‌سازی شده است و همچنین با انتخاب کاتیون مناسب از جنس پروسکایت دوبعدی، تلاش شده است پایداری این سلول‌ها ارتقا یابد.

مظفری یادآور شد که با وجود دستاوردهای قابل توجه سلول‌های پروسکایتی که بازدهی بیش از ۲۲ درصد را در کمتر از یک دهه به دست آورده‌اند، حساسیت این سلول‌ها به عوامل محیطی مانند دما، نور و رطوبت باعث کاهش عملکرد و عمر مفید آن‌ها می‌شود.

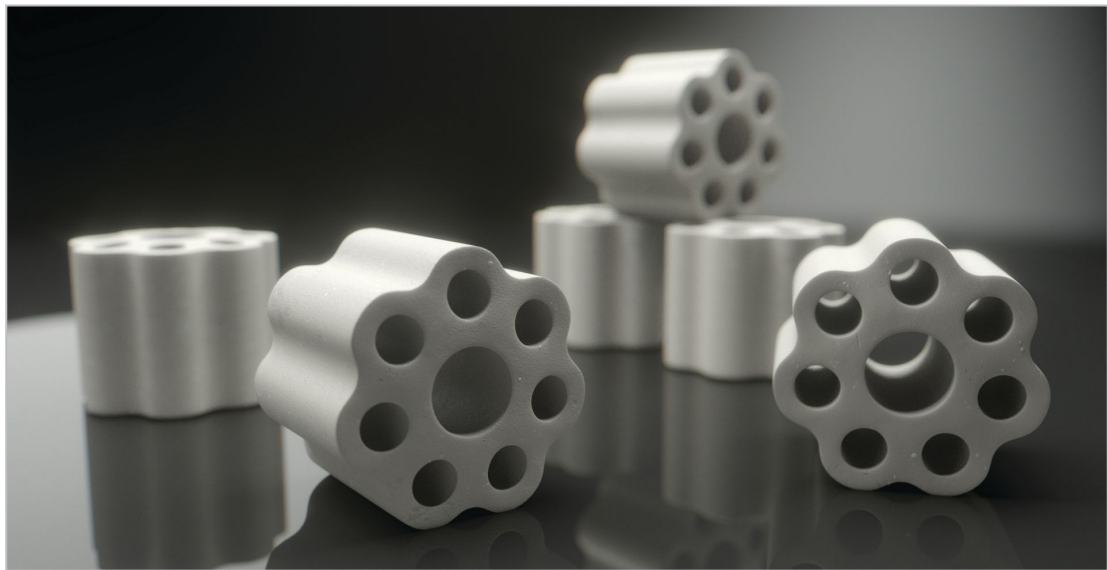
درنهایت، وی تأکید کرد که توسعه راهکارها و استفاده از مواد مناسب برای افزایش هم‌زمان بازده و دوام این سلول‌ها، هدف اصلی این پژوهش بوده است.

پژوهشی جدید در دانشگاه یزد به ساخت سلول‌های خورشیدی پروسکایتی پیشرفته‌ای پرداخته که علاوه بر بازده بالا، مقاومت بیشتری در برابر شرایط محیطی دارد. این فناوری نوین می‌تواند نقش مهمی در توسعه انرژی‌های پاک و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی ایفا کند.

رساله دکتری مهناز مظفری با عنوان «ساخت و بهینه‌سازی سلول‌های خورشیدی نانومتخلخل پروسکایتی سه‌بعدی با بهره‌گیری از مواد پروسکایت دوبعدی» به راهنمایی عباس بهجت، به بررسی راهکارهای افزایش کارایی این نوع سلول‌های خورشیدی پرداخته است.

مظفری؛ دانش‌آموخته دکتری تخصصی فیزیک با گرایش آپتیک و لیزر از دانشگاه یزد، در این پروژه پژوهشی بر اهمیت جایگزینی انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌ویژه انرژی خورشیدی تأکید کرده است. وی با اشاره به رشد چشمگیر استفاده از انرژی خورشیدی در جهان، خاطرنشان کرد که کشورهای مختلف برنامه‌های گسترده‌ای برای توسعه این منبع پاک و پایدار انرژی در دست اجرا دارند.

کاربرد نانوکاتالیست‌های ریفرمینگ گازی در صنایع

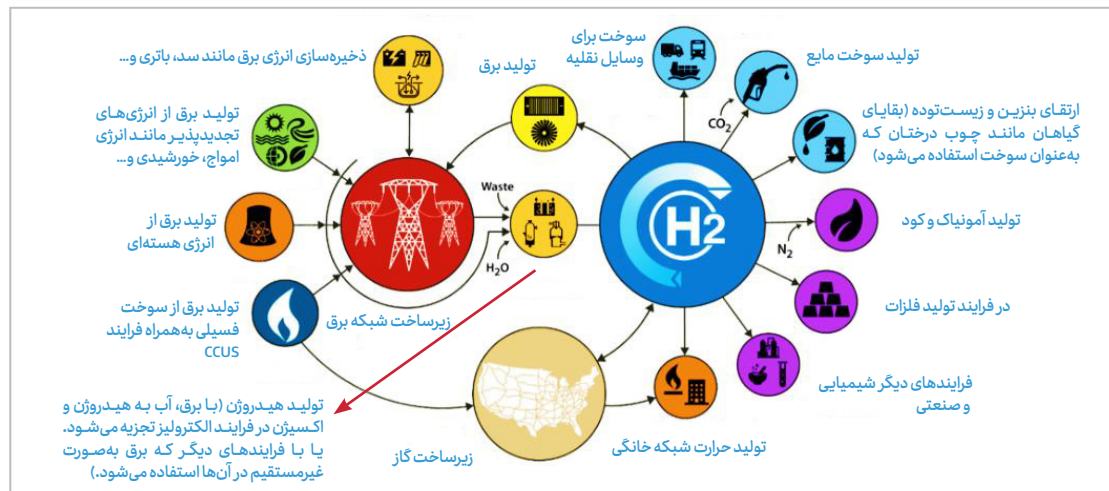


تهیه‌کننده شرکت پیشگامان فناوری دریچه

اهمیت تولید هیدروژن

گاز هیدروژن در تولید بسیاری از مواد و فرایندهای صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال در پالایش نفت، تولید آمونیاک از طریق فرایند هابر-بوش^۱ از گاز هیدروژن استفاده می‌شود. همچنین در فناوری فلزاتی مانند آهن (Fe)، نیکل (Ni)، تنگستن

(W)، مولیبدن (Mo)، مس (Cu)، روی (Zn)، سرب (Pb) و اورانیوم (U) استفاده می‌شود. در صنعت فولاد، هیدروژن برای احیای اکسید آهن و تولید آهن اسفنجی به کار می‌رود. هیدروژن همچنین در ساخت کودهای نیتروژن دار، هیدرودی سولفوریزاسیون و تصفیه هیدروژنی فرآورده‌های نفتی، هیدروژنه کردن پسماندهای خطرناک (PCBها)،



شکل ۱- برنامه تولید و مصرف هیدروژن در آمریکا، سال ۱۳۹۹^[۳]

دیوکسین ها و...)، سنتز اتانول، متانول و دی متیل اتر، تهیه سوخت مایع مصنوعی به روش فیشر-تروپش^۲، به عنوان سوخت کوره های صنعتی با دمای بالا و موشک های فضایی [۱]، سوخت وسایل نقلیه یا برای تولید برق و کاهش میزان گوگرد سوخت استفاده می شود [۲]. شکل ۱، یک نقشه از مسیر تولید و مصرف هیدروژن در صنایع (مربوط به آمریکا) را نمایش می دهد.

روش های تولید هیدروژن

رایج ترین روش برای تولید هیدروژن و گاز سنتز^۴، فرایند ریفرمینگ گاز طبیعی (متان) با بخار آب یا SRM^۵ است [۴، ۵]. در سال ۲۰۲۱، تقریباً ۴۷ درصد از تولید هیدروژن جهانی از ریفرمینگ گاز طبیعی، ۲۷ درصد از زغال سنگ، ۲۲ درصد از نفت (به عنوان یک محصول جانبی در فرایند) و ۴ درصد از الکترولیز آب تولید شد. در تمام روش ها جز الکترولیز، گاز گلخانه ای CO₂ تولید می شود، با این حال الکترولیز، بسیار گران تر است [۶].

روش ریفرمینگ گازی

برای تولید گاز هیدروژن از ریفرمینگ انواع مختلفی از هیدروکربن ها استفاده می شود. مرسوم ترین هیدروکربن مورد استفاده در این حوزه متان است. این متان می تواند از منابع مختلفی فراهم شود که یکی از منابع آن، گاز طبیعی است. انواع مختلف واکنش های تولید هیدروژن از متان در جدول ۱ آمده است که به چهار دسته کلی تقسیم می شوند:

■ ریفرمینگ متان با بخار آب (SRM)

■ اکسیداسیون جزئی متان (POM)^۶

■ ریفرمینگ خشک (DR)^۷

■ ریفرمینگ با بخار آب به همراه اکسیداسیون (OSR)^۸

تفاوت این روش ها در گرماده یا گرماگیر بودن واکنش، میزان انرژی مورد نیاز برای فرایند، نیاز یا عدم نیاز به کاتالیست و نسبت

تولید گاز هیدروژن به تولید مونوکسید کربن است. مطابق جدول ۱، گرچه فرایند SRM گرماگیر است و نیاز به صرف انرژی فراوانی برای تولید هیدروژن به این روش وجود دارد اما در عین حال بالاترین نسبت $\frac{H_2}{CO}$ مربوط به همین فرایند است (به ازای مصرف مقدار برابر متان، هیدروژن بیشتری تولید می شود). در حالی که نسبت $\frac{H_2}{CO}$ برای SRM، بیش از ۳ است، این نسبت برای روش POM حدود ۲ است. در روش DR نیز به این دلیل که به جای بخار آب، CO₂ تزریق می شود، این نسبت به ۱ کاهش می یابد. این مزیت در کنار معایبی که روش های دیگر دارند، موجب شده است که روش SRM بیش از سایر روش ها رشد و توسعه پیدا کند و همان طور که گفته شد مرسوم ترین روش تولید هیدروژن در جهان باشد. مقایسه انواع روش های ریفرمینگ متان به صورت داده نما در شکل ۲ آمده است. همان طور که مشاهده می شود، روش های SRM و OSR، گرماگیر و روش های اکسیداسیون جزئی و کلی نیز گرماده هستند. از میان این روش ها نیز بیشترین بازده تولید H₂ مربوط به فرایند SRM است [۵].

امروزه تولید صنعتی هیدروژن مبتنی بر ریفرمینگ گاز طبیعی با بخار آب و تبدیل آن به گاز سنتز است. به طور معمول، ریفرمینگ کاتالیستی گاز طبیعی در دمای ۷۵۰ تا ۹۰۰ درجه سانتی گراد و تحت فشار ۳۴ مگاپاسکال انجام می شود. گاز سنتز به دست آمده دارای نسبت حجمی بالایی از $\frac{H_2}{CO}$ (حدود ۳) است. جزء اصلی گاز طبیعی، متان است و اجزای دیگر مانند اتان، پروپان و هیدروکربن های سنگین تر، نیتروژن، اکسیژن، دی اکسید کربن، گوگرد نیز در ترکیب گاز طبیعی وجود دارد. گاز طبیعی نیاز به پیش تصفیه قبل از قرار گرفتن در فرایند SRM دارد. به این منظور، گاز طبیعی خام نیاز به نیتروژن زدایی و گوگرد زدایی دارد و سپس گاز تصفیه شده را می توان برای تولید هیدروژن استفاده کرد. طرح کلی فرایند تولید هیدروژن از گاز طبیعی در شکل ۳ نشان داده شده است. در این فرایند ابتدا

جدول ۱- معرفی انواع فرایندهای ریفرمینگ متان [۵]

فرایند	واکنش	نسبت هیدروژن به کربن مونوکسید $\frac{H_2}{CO}$	گرمای واکنش (kJ/mol)
ریفرمینگ با بخار	$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$ $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$	برابر یا بزرگ تر از ۳	۲۰۶ -۴۱
اکسیداسیون جزئی	$CH_4 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO + 2H_2$	۲	-۳۷
ریفرمینگ خشک	$CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO + 2H_2$	۱	۲۴۷
ریفرمینگ با بخار و اکسیژن	$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$ $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$ $CH_4 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO + 2H_2$ $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$	به درصد اجزای خوراک بستگی دارد	۲۰۶ -۴۱ -۳۷ -۸۸۰

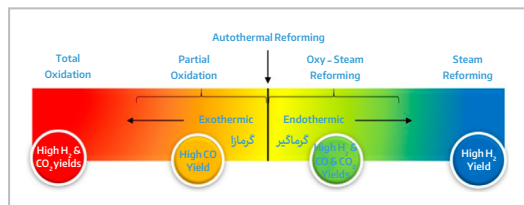
تف جوشی فرایندی پیچیده است که به عواملی همچون دما، محیط شیمیایی که کاتالیست درون آن قرار دارد، ترکیب شیمیایی کاتالیست، ساختار کاتالیست و ریخت‌شناسی پایه کاتالیست وابسته است. هر چه دما بالاتر باشد، نرخ تف جوشی بالاتر است. شرایط دمایی و اتمسفری که فرایند SRM در آن به وقوع می‌پیوندد، تف جوشی را سرعت می‌بخشد و موجب می‌شود اندازه ذرات به هم چسبیده کاتالیست افزایش یابد (که سطح فعال را کاهش می‌دهد). دو سازوکار برای درشت شدن اندازه ذرات حین تف جوشی وجود دارد که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود و در شکل ۴ نیز نشان داده شده است.

■ مهاجرت اتم‌ها^{۱۱}

■ مهاجرت بلورک‌ها (ساختار منظم اتم‌ها در پیوند با هم)^{۱۲} و ادغام شدن آن‌ها

در مهاجرت اتم‌ها، اتم از جایگاه خود به کنار ذره دیگر منتقل می‌شود و در حالت مهاجرت بلورک‌ها، آن‌ها بر روی سطح پایه کاتالیست حرکت می‌کنند و در برخورد با یکدیگر به هم می‌پیوندند. در هر دو حالت ذرات بزرگ‌تری تشکیل می‌شود و سطح در دسترس برای فعالیت کاتالیستی کاهش می‌یابد و در نتیجه فعالیت کاتالیستی، کم می‌شود. با افزایش برهم‌کنش میان ذرات فعال کاتالیست و پایه کاتالیست، می‌توان به نحو مؤثری از تف جوشی جلوگیری کرد. همچنین تغییر خواص ساختاری پایه کاتالیست از جمله ساختار مزومخلخل موجب می‌شود که احتمال تف جوشی کاهش یابد.

رسوب کربن بر روی کاتالیست، دیگر پدیده‌ای است که کاتالیست را غیرفعال می‌کند. حین فرایند SMR واکنش‌های جانبی مختلفی بر روی کاتالیست رخ می‌دهد که در برخی از آن‌ها کربن تولید می‌شود. این ترکیبات کربنی که اغلب به صورت کربن اتمی هستند (تک کربن - C_a) بسیار فعال‌اند. تعدادی از کربن‌های آلفا به هم می‌پیوندند و به بتا (C_β - چند کربن در پیوند با یکدیگر) تبدیل می‌شوند. این ذرات بتا در ساختار نیکل نفوذ می‌کنند و در پایین کاتالیست (بر روی پایه) تجمع می‌کنند. با رشد بلورک کربن از انتهای کاتالیست، کم‌کم کاتالیست از پایه فاصله می‌گیرد و با فاصله گرفتن کاتالیست از پایه کاتالیست، جدا شدن ماده فعال از پایه کاتالیست را شاهد خواهیم بود (بخش B در شکل ۴). کربن بتا، ممکن است یک پوسته پیوسته (Gum) بر روی سطح فلز فعال تشکیل دهد که منجر به کاهش فعالیت کاتالیستی نیکل می‌شود. برای کاهش اثرات منفی رسوب کربن دو راهکار مورد استفاده قرار می‌گیرد. نخست آن که سعی شود از پایه کاتالیست‌هایی با ساختار اسپینل یا پروسکات^{۱۳} استفاده شود چرا که مشاهده شده است که تشکیل کربن را کاهش می‌دهند. دیگر آن که از پروموتورهای استفاده شود که تشکیل کربن را به تعویق بیندازد که در این حوزه



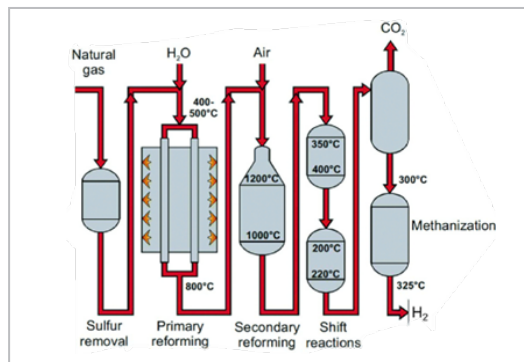
شکل ۲- داده‌نمایی از بازه فعالیت شیمیایی و شرایط هر یک از فرایندهای فراوری متان[۵]

گاز طبیعی گوگردزدایی می‌شود، سپس در راکتور ریفرمینگ اولیه در دمای ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و در حضور بخار آب و سپس در راکتور ریفرمینگ ثانویه با تزریق هوا و در دمایی بالاتر، در دو مرحله ریفرمینگ انجام می‌شود. در انتها در راکتورهای انتقال آب-گاز دما بالا و سپس دما پایین (مرحله واکنش‌های انتقال^{۱۴}) قرار می‌گیرد و طبق واکنش انتقال آب-گاز، غلظت کربن مونوکسید آن به کمتر از ۳ درصد مولی می‌رسد. در پایان نیز با روش‌های مختلفی همچون متاناسیون، کربن دی‌اکسید موجود در مخلوط گاز حاصل، جداسازی می‌شود و گاز هیدروژن برای مصارف صنعتی به واحدهای بعدی ارسال می‌شود. فرایند SMR در حضور کاتالیست انجام می‌شود و مرسوم‌ترین نوع کاتالیست برای این فرایند، کاتالیست با جزء فعال فلز نیکل است [۵، ۷].

کاتالیست

انجام واکنش SRM به کاتالیست نیاز دارد. یک کاتالیست ایده‌آل برای فرایند SRM باید دو ویژگی فعالیت کاتالیستی بالا و پایداری طی زمان را داشته باشد. این ویژگی‌های کاتالیست تا حد زیادی به ماهیت شیمیایی و ساختار کاتالیست (ریخت‌شناسی، سطح ویژه، ساختار حفره‌ها و...) وابسته است. با این حال دو پدیده تف جوشی^{۱۵} و رسوب کربن بر روی کاتالیست منجر به غیرفعال شدن کاتالیست SRM می‌شود.

تف جوشی منجر به رشد اندازه ذرات فلز کاتالیست می‌شود.



شکل ۳- طرح کلی فرایند SRM برای تولید هیدروژن [۷]

کاتالیست نیست بلکه علاوه بر آن، این خاصیت موجب می شود که در طی زمان فلز فعال و پایه کاتالیست در پیوستگی با هم باشند و شرایط لازم برای تکمیل واکنش SMR فراهم شود [۹].

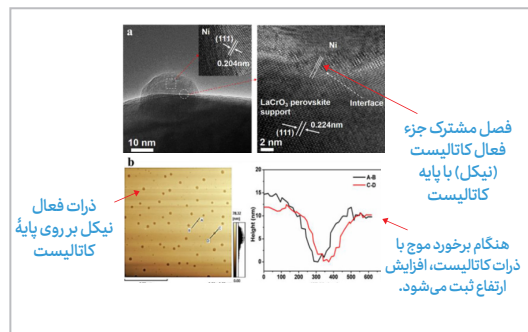
نقش فناوری نانو در بهبود عملکرد کاتالیست ها

با توجه به وجود دو مشکل عمده که برای کاتالیست های SMR بر پایه نیکل وجود دارد یعنی تف جوشی و رسوب کربن، برای بهبود خواص و افزایش پایداری و کارایی این دسته از کاتالیست ها طی زمان، راهبردهای مختلفی پیگیری شده است که به شرح زیر است (شکل ۵):

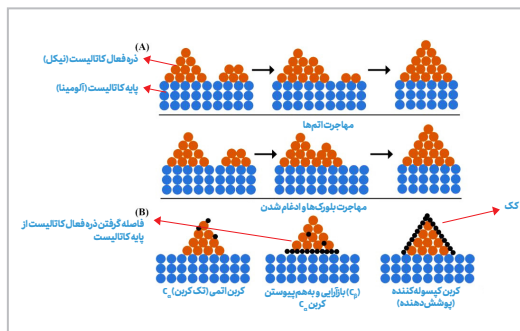
- افزودن اتم های فلز دیگر به ساختار نیکل؛
- ایجاد جای خالی اکسیژن^۳ در ساختار پایه کاتالیست؛
- تغییر در ریخت شناسی، شکل و اندازه ذرات کاتالیست (کاهش ابعاد کاتالیست)؛
- افزایش تهره گنیش نیکل و پایه کاتالیست [۹].

از آن جا که ماهیت مشکلات مذکور برای کاتالیست نیکل در ابعاد اتمی و نانومتری است، فناوری نانو می تواند در جهت حل این مشکلات و بهبود کارایی کاتالیست های پایه نیکل، نقش آفرینی مؤثری داشته باشد. همان طور که ملاحظه می شود، همه راهبردهای اشاره شده برای بهبود کارایی کاتالیست، مرتبط با فناوری نانو هستند. روش های سنتز ذرات کاتالیزور با اندازه نانو، موجب افزایش فعالیت کاتالیست خواهند شد. [۱۱]

فلز یا فلزات دیگری در ترکیب با نیکل برای بهبود خواص کاتالیست های SMR افزوده می شوند و نقش پروموتور را دارند. پروموتورها در ترکیب با فلز فعال یا ساختار الکترونی آن ها را تغییر می دهند و یا ساختار بلوری فلز فعال را اصلاح می کنند. پروموتورها گاهی به صورت اکسید نیز به نیکل افزوده می شوند. به عنوان مثال افزودن روی موجب می شود که فعالیت کاتالیستی و مقاومت به تف جوشی افزایش یابد. افزودن مس به نیکل منجر به مقاومت بیشتر در برابر رسوب کربن بر روی کاتالیست می شود [۱۰]. به طور کلی

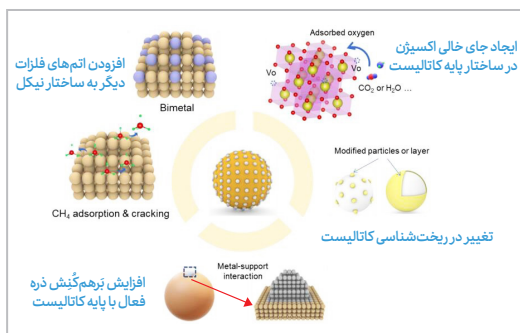


شکل ۶- جاگذاری نیکل در ابعاد نانومتر بر روی پایه کاتالیست [۹]



شکل ۴- شماتیک رسوب (A) و کوک شدن (B) بر روی کاتالیست فرایند SRM [۸]

با استفاده از عناصر مختلفی مانند فلزات قلیایی، فلزات نجیب و فلزات خاک های کمیاب نتایج خوبی به دست آمده است [۸]. یکی از کاتالیست های مرسوم برای فرایند SMR کاتالیست $Ni/V-Al_2O_3$ است (فلز نیکل بر پایه گاما آلومینا). در این کاتالیست ها هم فلز فعال نیکل و هم $V-Al_2O_3$ هر کدام به نحوی در واکنش ریفرمینگ گازی به عنوان کاتالیست نقش آفرینی می کنند. در واقع با جذب متان بر روی نیکل، CH_4^* تشکیل می شود که در واقع کربنی است که آماده شده است هیدروژن های خود را آزاد کند و در واکنش شرکت کند. همچنین $V-Al_2O_3$ نیز وظیفه تولید O^* را بر عهده دارد که در واقع اتم اکسیژنی است که آماده است که در واکنش با متان، ریفرمینگ را تکمیل کند. حضور جای خالی اکسیژن در ساختار پایه کاتالیست و توانایی آن در حبس اکسیژن در ساختار خود در این زمینه می تواند بسیار مؤثر باشد. از این رو برای این که کاتالیست بتواند به خوبی در واکنش ریفرمینگ نقش آفرینی کند باید فلز فعال و پایه کاتالیست، در تماس با هم قرار داشته باشند. بنابراین نقش پایه کاتالیست صرفاً نگه داشتن فلزات فعال و کمک به پایداری آن ها نیست بلکه خود نیز در واکنش کاتالیستی نقش آفرینی می کنند. همچنین افزایش میزان تهره گنیش میان فلز فعال و پایه کاتالیست صرفاً به دلیل افزایش پایداری و مقاومت



شکل ۵- نقشه راهبردهای بهبود ریفرمینگ هیدروکربن از طریق بهبود کاتالیست [۹]

جدول ۲- بررسی اثر اندازه ذرات نیکل در کاتالیست $\text{Ni}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ بر بازده ریفرمینگ متان [۵]

اندازه ذرات نیکل در کاتالیست $\text{Ni}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (nm)	دما ($^{\circ}\text{C}$)	بازده ریفرمینگ متان (%)
۱۱٫۴-۱۴٫۲	۷۰۰	۹۰
۶-۱۲	۷۰۰	۹۹

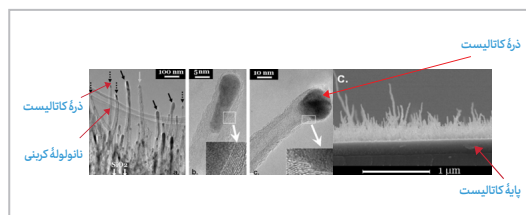
شیمیایی $\text{La}_{0.8-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{0.85}\text{Ni}_{0.15}\text{O}_3$ تشکیل شود که نشان‌دهنده برهم‌کنش بسیار قوی میان فلز فعال و پایه کاتالیست است [۹].

اثر میزان برهم‌کنش نیکل-پایه کاتالیست به صورت شماتیک در شکل ۷ و ۸ داده شده است. در حالتی که ذرات نیکل برهم‌کنش ضعیفی با پایه کاتالیست دارند با رسوب کربن و تجمع و بازآرایی آن‌ها، ذرات نیکل از سطح جدا می‌شوند. عدم تماس میان نیکل و پایه کاتالیست موجب می‌شود که کاتالیست نتواند کارایی لازم را داشته باشد. در حالتی که این برهم‌کنش، متوسط است تجمع و بازآرایی کربن، نیکل را از سطح جدا نمی‌کند اما یک لایه بر روی سطح فلز فعال و در ادامه بر سطح پایه کاتالیست تشکیل می‌دهد و عملکرد کاتالیستی آن را مختل می‌کند. در حالتی که برهم‌کنش، قوی است (این حالت زمانی رخ می‌دهد که تطابق خوبی به لحاظ بلوری میان نیکل و پایه کاتالیست برقرار باشد). ساختارهای کربنی تنها در فصل مشترک میان نیکل و پایه کاتالیست رشد می‌کنند و یک ساختار یکپارچه از کربن ایجاد نمی‌شود و به همین دلیل کارایی کاتالیست چندان مختل نمی‌شود [۹]. همچنین در صورتی که ذرات کمتر از ۵ نانومتر باشند، حالت رشد ذرات کک، از حالت قله‌ای به پایه‌ای تغییر می‌کند و باعث می‌شود ذره از پایه جدا نشود [۲۱].

محصولات داخلی

در ایران، چندین شرکت به دلیل مشارکت در تولید کاتالیزور برای فرایندهای SMR، قابل توجه هستند که در ادامه ذکر شدند. این شرکت‌ها با تولید کاتالیست مورد نیاز صنایع داخل، هدفشان کاهش اتکای کشور به کاتالیزورهای وارداتی است.

صنعت تولید کاتالیزور در ایران با چالش‌های متعددی از جمله نیاز به ارتقای مداوم فناوری و تأثیر تحریم‌های بین‌المللی که دسترسی

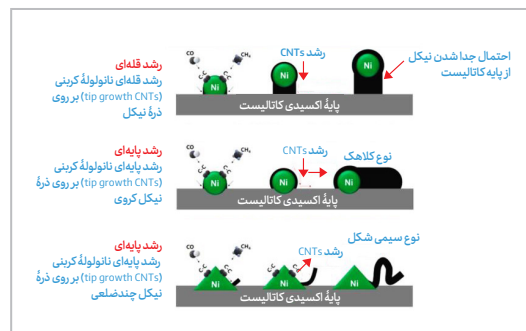


شکل ۸- رشد قله‌ای نانولوله کربنی (CNTs) و جدا کردن ذره کاتالیست از پایه کاتالیست [۲۱]

افزودن گونه‌های فلزی یا دو فلزی به یک کاتالیزور مبتنی بر نیکل می‌تواند انتخاب‌پذیری، دوام و فعالیت را بهبود بخشد و مشکلات معمول از جمله تشکیل کک، اکسیداسیون فعال، تفجوشی و جداسازی را محدود می‌کند. همچنین در این کاربرد از CeO_2 ، ZrO_2 و اکسیدهای مخلوط آن‌ها استفاده می‌شود [۵].

بررسی‌های مختلفی بر روی اثر اندازه ذرات نیکل در کاتالیست $\text{Ni}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ بر کارایی آن در واکنش SMR انجام شده است. طبق مشاهدات که در شرایط یکسان با کاهش اندازه ذرات نیکل، بازده تبدیل متان در واکنش SMR افزایش می‌یابد. به عنوان مثال همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده با کاهش اندازه ذرات نیکل از ۱۱٫۴ تا ۱۴٫۲ نانومتر به ۶ تا ۱۲ نانومتر، میزان بازده واکنش در دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد از ۹۰ درصد به ۹۹ درصد افزایش یافته است [۵].

یکی از راهکارهای افزایش پایداری کاتالیست، افزایش برهم‌کنش میان فلز فعال و پایه کاتالیست است. استفاده از پایه با مواد سرمایه‌گذاری با ساختارهای اسپینل و پروسکایت موجب می‌شود که ذرات نیکل به دلیل تناسب میان ساختار بلوری آن‌ها به خوبی در فصل مشترک فلز فعال و پایه کاتالیست و در ساختار پایه کاتالیست فرو روند. به عنوان مثال مطابق شکل ۶، نانوذرات نیکل با اندازه حدود ۲۵ نانومتر بر روی پایه کاتالیست پروسکایت LaCrO_3 مشاهده می‌شود که در ناحیه فصل مشترک ذره و پایه، رشد صفحات با انسجام بالایی رخ داده و موجب شده تا ناحیه‌ای با ترکیب



شکل ۷- شماتیک اثر برهم‌کنش بین پایه و فلز کاتالیست در سه حالت قوی-متوسط و ضعیف بر روی مسیر تشکیل کک و غیرفعال شدن کاتالیزور [۹]

به مواد خام و فناوری های خاص را محدود کرده، مواجهه است. با این حال، این چالش ها باعث نوآوری و خوداتکایی در صنعت شده است. شرکت های ایرانی به طور فزاینده ای بر توسعه فناوری های تولید داخل برای تولید کاتالیزورهای باکیفیت که نیازهای داخلی را برآورده می کنند و پتانسیل صادرات دارند، متمرکز شده اند. علاوه بر این، تغییر جهانی به سمت منابع انرژی پاک تر، چالش ها و فرصت هایی را برای تولیدکنندگان کاتالیزور ایران ایجاد می کند. با افزایش تقاضا برای هیدروژن به عنوان یک سوخت پاک، نیاز روزافزونی به کاتالیزورهای کارآمدتر و سازگار با محیط زیست وجود دارد. بنابراین شرکت های ایرانی در حال سرمایه گذاری در تحقیقات برای توسعه کاتالیزورهایی هستند که نه تنها کارایی فرایندهای اصلاح را افزایش می دهند، بلکه اثرات محیط زیستی را نیز به حداقل می رسانند [۱۶].

بازار داخلی و جهانی

در قسمتی از فرایند DRI (احیای مستقیم سنگ آهن)، لازم است فرایند ریفرمینگ متان با بخار آب رخ دهد که در آن گاز هیدروژن تولید می شود (هیدروژن در فرایند احیای آهن مورد نیاز است). با توجه به وجود معادن آهن در ایران و استخراج آن، به صورت گسترده، فرایند SMR انجام می شود که در نتیجه نیاز بیشتر به کاتالیست را در پی خواهد داشت. بیشترین میزان استخراج آهن در ایران در مناطق

جدول ۳- شرکت های تولید کننده کاتالیست فرایند SMR

نام شرکت	تولید کاتالیست ریفرمینگ	استفاده از فناوری نانو در تولید کاتالیست	مشتریان	مشخصات کاتالیست
شرکت گسترش فناوری خوارزمی [۱۲]	تولید کاتالیست ریفرمینگ متان با بخار آب (استفاده در صنعت فولاد) در مقیاس تجاری	تولید کاتالیست های نانو ساختار؛ شرکت فناوری برگزیده از سوی مجمع اقتصاد نانو در سال ۱۳۹۶	آرتا فولاد اردبیل، مجتمع فولاد میانه، فولاد خراسان، پارس فولاد سبزوار، شرکت مهندسی فناوری معادن و فلزات، آریا حدید معادن و فلزات، صنعت فولاد شادگان و...	کاتالیست فعال، نیمه فعال برای فرایند SMR
شرکت دانش بنیان نفت و گاز سرو [۱۳]	تولید کاتالیست ریفرمینگ متان با بخار آب (استفاده در صنعت فولاد) در مقیاس تجاری	تولید کاتالیست های نانو ساختار	داخلی و صادرات	جزء فعال نیکل بر روی پایه کلسیم آلومینا، آلفا آلومینا- کاتالیست فعال و نیمه فعال
شرکت سرامیک های صنعتی اردکان [۱۴]	تولید کاتالیست ریفرمینگ متان با بخار آب (استفاده در صنعت فولاد) در مقیاس تجاری		صنایع سرامیک های صنعتی، صنایع فولاد، رنگ و...	کاتالیست فعال، نیمه فعال برای فرایند SMR
شرکت توسعه کاتالیست ایران (ICDC) [۱۵]	تولید کاتالیست ریفرمینگ متان با بخار آب (استفاده در صنعت فولاد) در مقیاس تجاری		مجتمع فولاد مبارکه، KSC، شرکت توسعه آهن و فولاد گل گوهر، ARFA	کاتالیست فعال، نیمه فعال برای فرایند SMR

سبزوار، میانه، شادگان، سفید دشت، بافت، نی ریز و قائنات است. در نتیجه بیش از ۵۰ کارخانه تولیدکننده فولاد در این راستا ایجاد شده است. شرکت های تولیدکننده آهن اسفنجی که به این کاتالیست نیاز خواهند داشت، در جدول ۴ درج شده است.

علاوه بر آن، شرکت های دیگری نیز در فرایندهای به غیر از تولید فولاد از ریفرمینگ متان با بخار آب استفاده می کنند و در نتیجه به این کاتالیست نیاز دارند. مانند شرکت پتروشیمی فن آوران که در واحد متانول، این فرایند را به کار می گیرد و یا شرکت پتروشیمی زاگرس که به عنوان یک شرکت مهندسی طراح، برای دیگر شرکت ها فرایند SMR را طراحی و اجرا می کند. همچنین در واحدهای مختلف صنایع پتروشیمی کشور، فرایند SMR صورت می گیرد که نیاز به کاتالیست این فرایند را در پی خواهد داشت.

در مقیاس جهانی، براساس برآوردهای اخیر، تولید جهانی هیدروژن حدود ۹۰ میلیون تن در سال در جهان است که ریفرمینگ متان با بخار تقریباً ۶۸ میلیون تن از این کل را تشکیل می دهد. تولید ۱ تن هیدروژن از طریق SMR معمولاً به حدود ۴٫۵ تا ۵٫۵ تن متان نیاز دارد. این نسبت بسته به کارایی فرایند و خلوص متان مورد استفاده متفاوت است. با فرض میانگین ۵ تن متان در هر تن هیدروژن، کل مصرف جهانی متان برای SMR خواهد بود: ۶۸ میلیون تن هیدروژن در سال در جهان مربوط به واکنش SMR در پنج تن مورد نیاز متان برای هر تن هیدروژن، برابر است با ۳۴۰ میلیون تن متان سالانه است

جدول ۴- شرکت‌های تولیدکننده آهن اسفنجی

نام شرکت	ظرفیت تولید در سال	نام شرکت	ظرفیت تولید در سال
شرکت توسعه آهن و فولاد گل‌گهر	۲ میلیون تن	فولاد آذربایجان میانه	۵۵۰ هزار تن
صنعت فولاد شادگان	۸۰۰ هزار تن	فولاد مبارکه اصفهان	۱۰۳ میلیون تن
فولاد اردکان	۹۶۰ هزار تن	فولاد خوزستان	۴ میلیون تن
کاوه جنوب کیش	۱٫۸ میلیون تن	آهن و فولاد ارفع	۸۰۰ هزار تن
فولاد غدیر نی‌ریز	۸۰۰ هزار تن	فولاد رشتخوار	۲٫۱ میلیون تن
فولاد سیرجان ایرانیان	۲٫۰۵ میلیون تن	جهان فولاد سیرجان	۲ میلیون تن

که بر همین اساس مصرف کاتالیست را نیز در پی دارد [۱۸، ۲۰]. از لحاظ جغرافیایی آمریکا و روسیه، برخی کشورهای اروپایی و خاورمیانه به دلیل ذخایر گسترده گاز طبیعی، از تولیدکنندگان هیدروژن از طریق SMR هستند [۱۹]. ریفرمینگ متان با بخار همچنان سنگ بنای تولید جهانی هیدروژن است. درحالی‌که این فرایند کارآمد و به خوبی تثبیت شده است، ردپای کربن قابل توجه تولیدی از این فرایند، لزوم توجه به الزامات محیط زیستی را در کنار استفاده از این روش، یادآوری می‌کند. نانوکاتالیست‌های ریفرمینگ تولیدی در شرکت‌های نانوفناور زیر نمونه‌هایی از کاربردهای صنعتی این محصولات راهبردی دارای گواهی نانومقیاس ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو است:



گسترش فناوری خوارزمی

- کاتالیست پیش ریفرمینگ گاز طبیعی حاوی نانوذرات
- کاتالیست نانوساختار ریفرمینگ فعال گاز طبیعی
- کاتالیست نانوساختار ریفرمینگ اولیه بخار آب گاز طبیعی
- کاتالیست نانوساختار نیمه فعال ریفرمینگ گاز طبیعی



اکسیر نوین فرایند آسیا

- کاتالیست نانوساختار نفتا ریفرمینگ بنزین سازی (CR-13)
- کاتالیست نانوساختار نفتا ریفرمینگ بنزین سازی (IR-86A)
- کاتالیست نانوساختار نفتا ریفرمینگ آروماتیک سازی (AR-11)
- کاتالیست نانوساختار ریفرمینگ نفتا به منظور افزایش عدد اکتان (NR-13LD)

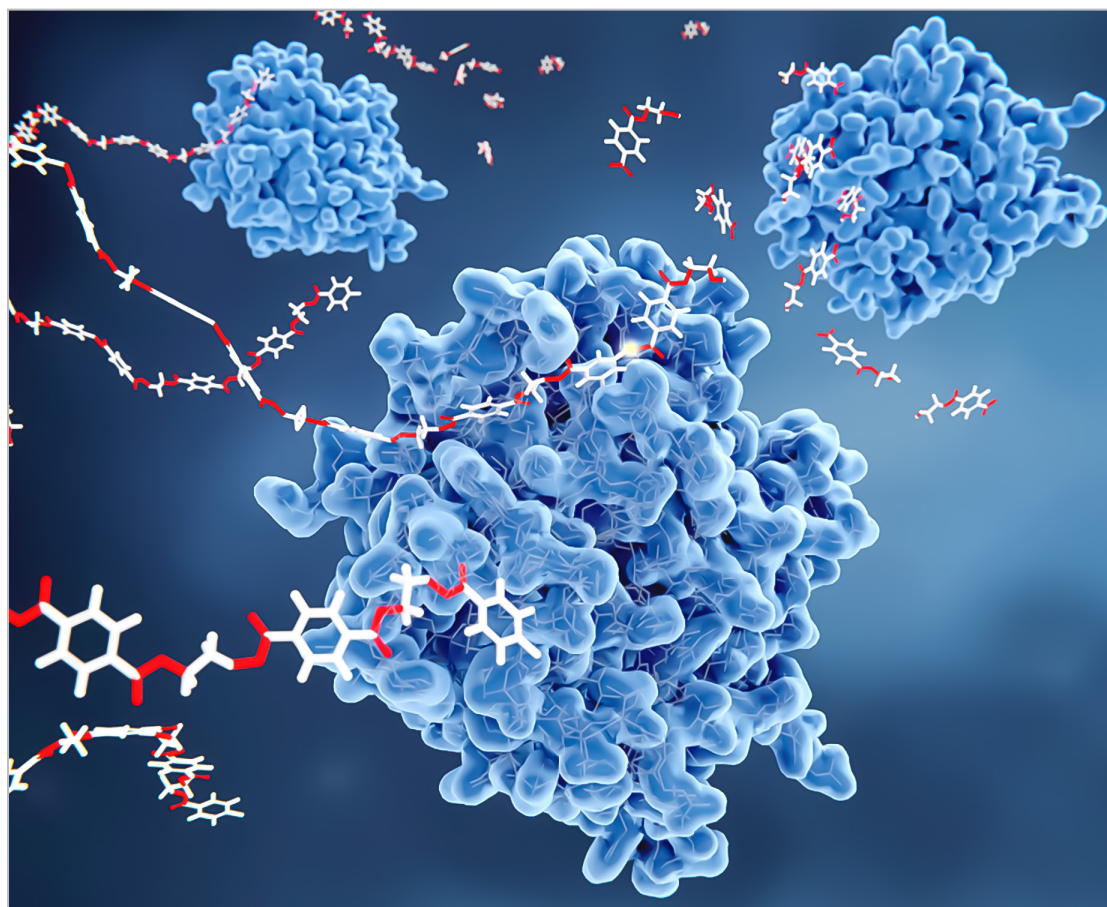
پی‌نوشت‌ها

- ۱- Haber-Bosch
- ۲- Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS)
- حذف دی‌اکسید کربن از فرآورده‌ها به وسیله جداسازی، ذخیره و استفاده در صنایع دیگر
- ۳- Fischer-Tropsch
- ۴- Syn-Gas
- ۵- Steam Reforming of Methane (SRM)
- ۶- Partial Oxidation
- ۷- Dry Reforming

- ۸- Oxy-Steam Reforming
- ۹- Shift Reactions
- ۱۰- Sintering
- ۱۱- Ostwald ripening
- ۱۲- crystallite
- ۱۳- perovskite
- ۱۴- Oxygen Vacancy
- ۱۵- Carbon nanotube

- ۱- D. B. Pal, R. Chand, S. Upadhyay, and P. Mishra, "Performance of water gas shift reaction catalysts: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 93, pp. 549-565, 2018.
- ۲- Use of hydrogen, "<https://www.eia.gov/energyexplained/hydrogen/use-of-hydrogen.php>", 2024
- ۳- Production of hydrogen, "<https://www.eia.gov/energyexplained/hydrogen/production-of-hydrogen.php#:~:text=Hydrogen%20can%20be%20produced%20from,hydrogen%20production%20methods%2C%20or%20pathways>", 2023
- ۴- Hydrogen Fuel Basics, "<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-fuel-basics#:~:text=Today%2C%20about%2095%25%20of%20all,Coal%20gasification>"
- ۵- M. Mosinska, M. S. , P. M. , "Oxy-Steam Reforming of Natural Gas on Ni Catalysts—A Minireview", *Catalysts* 2020, 10, 896 2 of 26
- ۶- Hydrogen, "<https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Hydrogen>", 2022
- ۷- H. Zhang, et al. , Steam reforming of methane: Current states of catalyst design and process upgrading, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 149 (2021) 111330
- ۸- H. Zhang, et al. , Steam reforming of methane: Current states of catalyst design and process upgrading, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 149 (2021) 111330
- ۹- Q. Guo et al. , " Brief review of hydrocarbon-reforming catalysts map for hydrogen production", *Energy Reviews* 2 (2023) 100037
- ۱۰- A. Boret et al. , " Advances in Hydrogen Production from Natural Gas Reforming", *advanced Energy and Sustainability Research*, 2021, 2, 2100097
- ۱۱- T. L. LeValley et al. "The progress in water gas shift and steam reforming hydrogen production technologies e A review", *International Journal of Hydrogen Energy* 39 (2014) 16983 - 17000
- ۱۲- <https://khwarizmico.com/setting-up-a-production-line-of-nanostructured-catalysts-in-alborz/>
- ۱۳- <https://www.sarvco.ir/fa/>
- ۱۴- <https://aic.ir/>
- ۱۵- <https://icdco.ir>
- ۱۶- "Hydrogen Production in Iran: Current Status and Future Prospects." , *Iranian Journal of Hydrogen & Fuel Cell*, 2023.
- ۱۷- "<https://asreahan.com/blog/sponge-iron-manufacturers-in-iran>", 1403
- ۱۸- BP Statistical Review of World Energy 2021, Hydrogen Production and Consumption Data
- ۱۹- IEA (International Energy Agency), *The Future of Hydrogen**, 2019
- ۲۰- Global Energy Perspective 2023: Hydrogen outlook, "<https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2023-hydrogen-outlook>", 2023
- ۲۱- A. Gohier, C.P. Ewels, T.M. Minea, M.A. Djouadi , Carbon nanotube growth mechanism switches from tip- to base-growth with decreasing catalyst particle size, *Carbon*, Volume 46, Issue 10 , August 2008, Pages 1331-1338

کاربرد نانوکاتالیست‌ها در فرایند هیدروژناسیون صنعتی



تهیه‌کننده شرکت پیشگامان فناوری دریچه

فرایند هیدروژناسیون، فرایند هیدروژن‌دهی به مادهٔ سیرنشده و غیراشباع برای تبدیل آن به مادهٔ اشباع و سیر شده است. این فرایند در کاربردهای مختلفی از جمله تبدیل روغن‌های غذایی مایع به جامد تا افزایش پایداری سوخت به کار می‌رود. فرایند هیدروژناسیون به کاتالیست نیاز دارد و استفاده از فناوری نانو در تولید کاتالیست (نانوکاتالیزور)، مزایای زیادی از کاهش هزینه تا بالا بردن بازدهی فرایند را به آن اضافه خواهد کرد. در گزارش پیش رو، پس از شرح اهمیت و کاربرد فرایند هیدروژناسیون به روش‌های دیگر جایگزین و مزیت هیدروژناسیون نسبت به دیگر روش‌ها پرداخته شده است. در بخش بعد، ویژگی‌های انواع کاتالیست این فرایند برشمرده شده و سپس در مورد تأثیر استفاده از فناوری نانو در بهبود این کاتالیست بحث شده است. در نهایت تولیدکنندگان داخلی نانوکاتالیزورهای این فرایند و بازار آن، معرفی شده است.



شکل ۱- کاربرد فرایند هیدروژناسیون در صنایع مختلف [۱]

اهمیت فرایند هیدروژناسیون

هیدروژناسیون به‌طور گسترده برای کاربردهای مختلف صنایع پتروشیمی، صنایع غذایی، دارو، صنعت چاپ، رنگ و تولید مواد شیمیایی کشاورزی استفاده می‌شود [۱]. شکل ۱، تأثیر فرایند هیدروژناسیون در صنایع مختلف را نمایش می‌دهد.

روش‌های دیگر و سهم فرایند هیدروژناسیون

برای تبدیل ترکیبات غیراشباع دارای پیوندهای دوگانه و سه‌گانه به ترکیبات اشباع، فرایندهای دیگری نیز در شرایط خاصی می‌تواند محصولات مشابه فرایند هیدروژناسیون تولید کند. شکل ۲، برخی از این فرایندها را ارائه می‌دهد.

با استفاده از میکروارگانیزم‌ها و آنزیم‌ها، ترکیبات غیراشباع را به ترکیبات اشباع تبدیل می‌کنند. این فرایند، شرایط ملایم‌تری (دما و فشار کمتری نسبت به هیدروژناسیون) دارد و گزینش‌پذیری بالاتری نیز ارائه می‌دهد (گزینش‌پذیری به این معنی که امکان افزایش واکنش خاصی یا محصول خاصی را بین محصولات دیگر ارائه می‌دهد). با این حال پیچیدگی بیشتری دارد. محدوده کاری پایین‌تری را پوشش می‌دهد و بازده فرایند آن نیز کمتر است [۱۶، ۱۷].	زیست کاتالیز
می‌توان از عوامل کاهنده مانند لیتیم آلومینیوم هیدرید (LiAlH_4) یا بوروهیدرید سدیم (NaBH_4) برای کاهش ترکیبات کربونیل یا آلکن‌ها استفاده کرد و محصولات اشباع مشابهی تولید کرد [۱۵].	استفاده از هیدریدهای فلزی
این روش نوظهور است و با استفاده از الکتریسیته، ترکیبات غیراشباع را به ترکیبات اشباع تبدیل می‌کند. محصولات این فرایند نسبت به روش هیدروژناسیون بدون الکتروکاتالیست، پایدارتر است [۱۸].	روش الکتروکاتالیستی
با استفاده از امواج نوری، واکنش‌های تبدیل ترکیبات غیراشباع رخ می‌دهد. این واکنش‌ها کمتر رایج است [۱۹، ۲۰].	واکنش‌های فوتوکاتیور

شکل ۲- روش‌های جایگزین فرایند هیدروژناسیون

(هیدروژناسیون $C=O$) و پیوند غیراشباع کربن-نیتروژن ($C=N$) رایج است. این واکنش نه تنها می‌تواند مواد آلی میانی مهم تولید کند، بلکه ناخالصی‌ها را نیز از محصولات حذف می‌کند [۱].

کاتالیست فرایند هیدروژناسیون

در صنعت، واکنش هیدروژناسیون روغن در حضور کاتالیست نیکل در دمای ۱۵۰ تا ۲۲۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۰٫۷ تا ۴٫۲ اتمسفر انجام می‌شود [۲۳]. (فشار هوای جو، ۱ اتمسفر است.) کاتالیست‌های دیگری نیز از جمله کبالت [۳۹]، پالادیوم، پلاتین، روتنیوم و مس نیز برای برخی فرایندهای هیدروژناسیون به کار می‌روند. بدون حضور کاتالیست، واکنش به انرژی فعال‌سازی^۵ زیادی نیاز دارد و دمای بسیار بالاتری نیز برای آن لازم است [۲۴]. کاتالیست فرایند هیدروژناسیون، ممکن است به صورت همگن (حل‌شونده در یک حلال) یا ناهمگن به کار رود. برخی از کاتالیست‌ها در ترکیب با فلزات دیگر در فرایند هیدروژناسیون به کار می‌روند که کارآمدی آنان را افزایش می‌دهد. در جدول ۱ خصوصیات، مزایا و معایب برخی از انواع کاتالیست فرایندهای هیدروژناسیون ارائه شده است.

بهبود کاتالیست و نقش نانو

برای بهبود کاتالیست فرایند هیدروژناسیون تحقیقات بسیاری از جمله استفاده از فلزات نانو ساختار کمتر متعارف به منظور بهبود توانایی آن‌ها در فعال کردن هیدروژن، استفاده از اکسیدها به عنوان فازهای فعال، استفاده از آلیاژسازی و مواد هیبریدی و... انجام شده است [۲۹]. از میان راهکارهای ذکر شده، فناوری نانو نقش مؤثری در افزایش بازده واکنش دارد. نانوکاتالیزورها، کاتالیست‌هایی در مقیاس نانو هستند (معمولاً ۱-۱۰۰ نانومتر) و می‌توانند فرایندهای هیدروژناسیون را در شرایط ملایم‌تر (دما و فشار کمتر) انجام دهند که موجب کاهش مصرف انرژی و هزینه فرایند است. فناوری نانو امکان توسعه کاتالیزورهایی برای کاربردهای خاص را فراهم

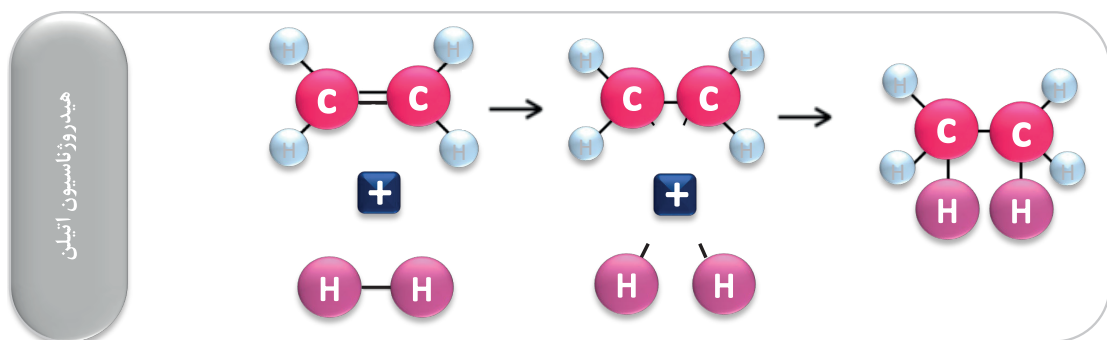
این روش‌ها به دلایلی از جمله پیچیدگی و راندمان پایین هنوز به نسبت روش هیدروژناسیون کاربرد گسترده‌تری نیافته‌اند. روش هیدروژناسیون به دلیل مزایایی از جمله فناوری تثبیت‌شده به دلیل سابقه استفاده طولانی و امکان استفاده در حوزه‌های متفاوت، مقرون به صرفه بودن نسبت به برخی روش‌ها و استفاده برای بسیاری از فرایندهای در مقیاس بزرگ به ویژه در پتروشیمی و تولید مواد غذایی باعث کارآمدی بیشتر آن شده است.

شرح فرایند هیدروژناسیون

در فرایند هیدروژناسیون، در حضور کاتالیست، پیوند دوگانه یا سه‌گانه مولکول‌های آلی، شکسته شده و هیدروژن به آن ماده اضافه می‌شود. به عبارتی در فرایند هیدروژناسیون، هیدروژن دهی به ماده انجام می‌شود. شکل ۳، یک مثال از فرایند هیدروژناسیون را نمایش می‌دهد [۲۱]. مطابق شکل، در حضور کاتالیست، هیدروژن به ماده اتیلن با یک پیوند دوگانه، اضافه می‌شود، در نتیجه پیوند دوگانه شکسته شده و هیدروژن در ساختار ماده قرار می‌گیرد.

این واکنش در شروع، نیاز به انرژی فعال‌سازی و حرارت دارد ولی پس از شروع واکنش، حرارت آزاد می‌شود زیرا سطح انرژی ماده با پیوند دوگانه بالاتر است^۲ و با تبدیل به پیوند یگانه، سطح انرژی ماده، پایین آمده و انرژی آزاد خواهد شد، به همین دلیل واکنش هیدروژناسیون گرمازا است.

در هیدروژناسیون، ترکیبات آلی غیراشباع مانند آلکن‌ها و آلکین‌ها به هیدروکربن‌های اشباع شده تبدیل می‌شوند.^۳ واکنش معمولاً در حضور یک کاتالیزور، عمدتاً فلزاتی مانند نیکل، پالادیوم یا پلاتین رخ می‌دهد که با کاهش انرژی فعال‌سازی، واکنش را تسهیل می‌کنند.^۴ انواع مختلفی از هیدروژناسیون انتخابی بر روی مواد انجام می‌شود، از جمله کاهش پیوند دوگانه یا سه‌گانه آلکین ($C\equiv C$)، آلکادین ($C=C$)، پیوند غیراشباع نیتروژن-اکسیژن ($N=O$)، پیوند غیراشباع کربن-اکسیژن



شکل ۳ - یک مثال از واکنش هیدروژناسیون (تبدیل اتیلن به اتان) [۲۱]

جدول ۱- انواع کاتالیست فرایند هیدروژناسیون

نوع کاتالیزور	مزایا	معایب
نیکل (Ni)	مقرون به صرفه در دسترس فعالیت بالا پایداری بالا [۲۵،۲۶]	حساسیت به مسمومیت با گوگرد [۲۷]
پالادیوم (Pd)	گزینش پذیری بالا (افزایش تولید یک محصول یا واکنش خاص از بین محصولات دیگر) فعالیت بالا پایداری خوب [۲۸] ارجم برای هیدروژناسیون آلکین و نیتروآرن [۲۹]	هزینه زیاد و کمیاب [۲۵] کمبود تحقیقات [۲۸]
پلاتین (Pt)	بازده بالا [۲۶] ارجم برای هیدروژناسیون آلکین و نیتروآرن [۲۹]	هزینه زیاد و کمیاب [۲۵] که آن را برای کاربردهای در مقیاس بزرگ، کمتر امکان پذیر می کند.
روتینیوم (Ru)	فعالیت و بازده بالا در صورت ترکیب با هیبرید فلزی، گزینش پذیری و سرعت بسیار بالاتر [۳۱]	هزینه زیاد و کمیاب [۲۵]
مس (Cu)	دمای پایین تر مورد نیاز [۳۲] گزینش پذیری بالا [۳۳]	فعالیت و بازده کمتر [۳۲]

افزایش سطح
فعال [۳۴]

نانوکاتالیست ها نسبت سطح به حجم بسیار بالاتری دارند که امکان ایجاد مکان های فعال بیشتری را برای واکنش فراهم می کند و منجر به بهبود فعالیت کاتالیزوری می شود.

اثرات کوانتومی

در مقیاس نانو، مکانیک کوانتومی نقش برجسته تری دارد. محصور شدن الکترون ها در حجم های کوچک منجر به کوانتیزه شدن سطوح انرژی می شود و بر نحوه توزیع الکترون ها در نانوذرات تأثیر می گذارد [۳۴]. در سطح نانو، چگالی سطحی انرژی بر روی اتم زیاد شده و الکترون ها با انرژی نزدیک به سطح، راحت تر منتقل می شوند [۳۵].

هزینه- بارگذاری
کاتالیست کمتر

نانوکاتالیست ها به دلیل کارایی بالا، اغلب می توانند در مقادیر کمتر مورد استفاده قرار گیرند و هزینه های مواد را کاهش دهند. اثربخشی آن ها در شرایط دما و فشار کمتر نیز می تواند هزینه های عملیاتی را کاهش دهد.

پایداری و طول عمر،
مقاومت در برابر
غیرفعال سازی

نانوساختار می تواند پایداری حرارتی و مکانیکی کاتالیزورها را بهبود بخشد و منجر به طول عمر بیشتر کاتالیزور و کاهش نیاز به تعویض مکرر شود.

افزایش
ترهم گنیش سطح
پایه و ذره

نانوکاتالیست به دلیل نسبت سطح به حجم بیشتر، اتم های سطح بیشتری برای تماس و ترهم گنیش با تکیه گاه، در دسترس دارد و نزدیکی نانوذرات به پایه کاتالیست، فرایندهای انتقال الکترون را تسهیل می کند. همچنین در مقیاس نانو، ماهیت ترهم گنیش های بین نانوذرات فلزی و تکیه گاه می تواند تغییر کند.

شکل ۴- مزایای نانوکاتالیست ها

جدول ۲- تولیدکنندگان نانوکاتالیست هیدروژناسیون در داخل کشور

نام شرکت	نانوپارس اسپادانا	نفت و گاز سرو	نفت و گاز سرو
تصویر کاتالیست تولیدی			
پایه کاتالیست	Al_2O_3	Al_2O_3	Al_2O_3
ذرات فعال کاتالیست	پالادیوم	پالادیوم	کبالت، مولیبدن
کاربرد	هیدروژناسیون اتیلن	هیدروژناسیون استیلن	هیدروژناسیون ترکیبات گوگردار

می‌کند و دامنه واکنش‌های هیدروژناسیون را گسترش می‌دهد. شکل ۴، مروری بر مزیت‌های کاتالیست بر پایه فناوری نانو را ارائه می‌کند.

محصولات داخلی

شرکت نانو پارس اسپادانا، کاتالیست فرایند هیدروژناسیون را بر

پایه فناوری نانو در داخل کشور تولید می‌کند و تاکنون به ۵ مجتمع پتروشیمی ارون، غدیر، آبادان، کارون و شیمی بافت عرضه کرده است [۳۶]. شرکت دانش بنیان نفت و گاز سرو نیز نانوکاتالیست فرایند هیدروژناسیون گوگرد و هیدروژناسیون استیلن را تأمین می‌کند. این شرکت نانوکاتالیست‌های تولیدی خود را به شرکت‌های نفت و گاز داخل از جمله پتروشیمی زاگرس، شیراز، رازی و اراک و کشورهای

جدول ۳- تولید متانول در کشور در سال ۱۴۰۲ [۴۲]

ظرفیت اسمی تولید متانول (هزار تن)	پالایشگاه	زنجیره تولید
۳,۳۰۰	پتروشیمی زاگرس فاز ۱ و ۲ در بندر عسلویه	تولید متانول
۶۶۰	پتروشیمی خارک در جزیره خارک	
۱,۰۰۰	پتروشیمی فناوران در بندر ماهشهر	
۱,۶۵۰	پتروشیمی مرجان در عسلویه	
۲,۳۱۰	پتروشیمی کاوه در بوشهر	
۱,۶۵۰	پتروشیمی کیمیا پارس خاورمیانه در عسلویه	تولید متانول
۱,۶۵۰	پتروشیمی بوشهر	
۱,۶۵۰	پتروشیمی سبلان در عسلویه	
۱,۶۵۰	پتروشیمی دنا در عسلویه	
۱۵,۶۰۴	جمع کل	

دیگر مانند روسیه صادر کرده است [۳۷، ۳۸]. مشخصات برخی نانوکاتالیست‌های تولیدی این دو شرکت برای فرایند هیدروژناسیون مطابق جدول ۲ است.

بازار داخلی و جهانی

با توجه به اینکه تنها چند شرکت محدود در دنیا، تولیدکننده این نوع کاتالیست هستند [۴۰] و با توجه به گستردگی کاربرد فرایند هیدروژناسیون، بازار بزرگی پیش روی شرکت‌های تولیدکننده است. به عنوان مثال، در زنجیره تولید متانول، فرایند هیدروژناسیون در بستر کاتالیستی لازم است که به کار گرفته شود [۴۱]. مطابق جدول ۳، نانوکاتالیست فرایند هیدروژناسیون می‌تواند برای ۱۵ میلیون تن متانولی که در سال در ایران تولید می‌شود، مورد نیاز باشد.

همچنین در سال ۱۴۰۱، بیش از ۹۰ هزار تن هیدروژن در کشور تولید شده است [۴۳]. با توجه به اینکه در زنجیره تولید هیدروژن، فرایند هیدروژناسیون در بستر کاتالیستی استفاده می‌شود، [۴۴] نانوکاتالیست فرایند هیدروژناسیون می‌تواند در این زنجیره نیز مورد نیاز باشد. در بخشی دیگر، ایران در سال ۱۴۰۲ نیز ۴۶ میلیون تن آمونیاک در سال تولید کرده است، با توجه به اینکه در زنجیره تولید آمونیاک همچنین فرایند هیدروژناسیون در بستر کاتالیستی استفاده می‌شود [۴۱]، بازار گسترده‌ای برای محصولات نانوکاتالیست هیدروژناسیون خواهد بود. به طور کلی، در جهان نیز، تخمین زده شده است که تقریباً ۲۵ درصد از تمام فرایندهای شیمیایی شامل حداقل یک مرحله هیدروژناسیون کاتالیزوری باشد، به طوری که به

حدود ۸ درصد از تولید ناخالص داخلی جهان می‌رسد که گویای بازار بزرگی پیش روی کاتالیست این فرایند است [۲۹].

جمع بندی

فرایند هیدروژناسیون در صنایع مختلفی از تولید مواد غذایی و دارو تا فرایندهای پتروشیمی صنعتی و تولید سوخت کاربرد دارد. در این فرایند ترکیب دارای پیوند دوگانه یا سه‌گانه به فرآورده اشباع تبدیل می‌شود. برای تبدیل ماده غیراشباع به اشباع، به جز روش هیدروژناسیون، فرایندهای دیگری مانند زیست کاتالیز، استفاده از هیبرید فلزی، روش الکتروکاتالیستی و واکنش‌های فوتواکتیو وجود دارد اما فرایند هیدروژناسیون از جمله به دلیل سابقه استفاده بیشتر، کاربرد در مقیاس‌های بزرگ‌تر، پیچیدگی کم‌تر و راندمان بالا، کاربرد گسترده‌تری تا به امروز داشته است. واکنش به یک کاتالیزور، عمده‌ترین فلاتی مانند نیکل، پالادیوم یا پلاتین نیاز دارد. استفاده از فناوری نانو در تولید نانوکاتالیزورها، طول عمر و بازدهی کاتالیست را بالا می‌برد و موجب کاهش مصرف انرژی و هزینه فرایند خواهد شد. در ایران، دو شرکت نفت و گاز سرو و نانو پارس اسپادانا، کاتالیست این فرایند را بر پایه فناوری نانو تولید می‌کنند. به طور کلی ۲۵ درصد فرایندهای شیمیایی صنعتی دنیا شامل حداقل یک مرحله هیدروژناسیون کاتالیزوری است، از جمله در صنعت، در زنجیره تولید هیدروژن، زنجیره تولید آمونیاک و زنجیره تولید متانول از فرایند هیدروژناسیون استفاده می‌شود که همین گویای بازار گسترده‌ای برای کاتالیست این فرایند است.

پی‌نوشت‌ها

۱- در طی هیدروژناسیون روغن یک اتفاق ناخواسته و نامطلوب ممکن است رخ دهد و آن تولید اسیدهای چرب ترانس است. به دلیل وجود اسید چرب ترانس و ماندن آثار کاتالیست نیکل روی روغن، فرایند هیدروژناسیون روغن، قبل از سال ۱۳۹۷ به مدت ۱۵ سال در ایران ممنوع شد و تغییر کاتالیست یا تغییر طراحی راکتور هیدروژناسیون در تحقیقات دنبال شد [۳، ۲].

۲- ماده ناپایدارتر است.

۳- اتم کربن حداقل می‌تواند به چهار اتم دیگر متصل شود. در صورتی که با یک اتم، پیوند دوگانه تشکیل دهد، از چهار ظرفیت آن، دو پیوند کم شده و دو پیوند باقی می‌ماند و می‌تواند به دو اتم دیگر متصل شود. در این صورت نهایتاً به سه اتم متصل شده است (و نه چهار اتم). به چنین مولکولی، غیراشباع می‌گویند. به یک مولکول دارای کربن که تمام چهار ظرفیت آن در اتصال با چهار اتم دیگر باشد (پیوند دوگانه و سه‌گانه نداشته باشد)، یک مولکول اشباع شده می‌گویند.

۴- یک تفاوت واکنش هیدروژناسیون با واکنش هیدروکراکینگ این است با اینکه در هر دو، پیوند دوگانه و سه‌گانه شکسته شده و هیدروژن به جای آن اضافه می‌شود ولی در هیدروکراکینگ، مولکول نیز به مولکول‌های کوچک‌تر شکسته خواهد شد [۲۲].

۵- انرژی شروع‌کننده واکنش

- ۱- Z. Sun et al , Metal single-atom catalysts for selective hydrogenation of unsaturated bonds, Journal of Materials Chemistry A, Issue 9, 2021, 5296–5319
- ۲- <https://www.hamshahrionline.ir/news/283132>
- ۳- <https://www.irna.ir/news/82926537>
- ۴- M. Arellano et al., Specialty oils and fats in margarines and low-fat spreads , Food Science, Technology and Nutrition, 2015, Pages 241–2705.
- ۵- Sneha D. Bhandari, et al, Review Regulatory Changes Affecting the Production and Use of Fats and Oils: Focus on Partially Hydrogenated Oils, Volume 97, Issue 8, 2020, Pages 797–815
- ۶- B.J.F. Hudson, FATTY ACIDS | Properties , Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition), 2003
- ۷- Tinghao Jia, et al. , Impact of deep hydrogenation on jet fuel oxidation and deposition, Fuel, Volume 264, 15 March 2020, 116843
- ۸- H. Zhao et al., The Reactivity and Deactivation Mechanism of Ru@C Catalyst over Hydrogenation of Aromatics to Cyclohexane Derivatives, Volume 5, Issue 14, 2020, Pages 4316–4327.
- ۹- Petroleum Refining: Technology and Economics, J. H. Gary ,G. E. Handwerk, M. J. Kaiser, Fifth Edition, 2004.
- ۱۰- KH Neochem Co. , Enhancing Product Performance through Hydrogenation Technology: Sustainable High Quality for the Long Term. , https://www.khneochem.co.jp/en/solution/platform/hydrogenation_technology/
- ۱۱- Testbook Edu Solutions , What is Hydrogenation? Check Industrial Applications & Uses of Hydrogenation Reaction , 2023 ,
- ۱۲- Lei Ma et al. , Highly selective hydrogenation of 3,4-dichloronitrobenzene over Pd/C catalysts without inhibitors, Catalysis Today, Volume 173, Issue 1, 2011, Pages 62–67
- ۱۳- M. Menossi et al. , Hydrogenation of Polybutadiene at High Pressure, Kinetics, Catalysis, and Reaction Engineering, 2022, 61, 1, 236–248
- ۱۴- U. P. Laverdura, Selective Catalytic Hydrogenation of Vegetable Oils on Lindlar Catalyst, ACS Omega 2020, 5, 36, 22901–22913
- ۱۵- S. 19.3: Reductions using NaBH₄, LiAlH₄, LibreTexts libraries, [https://chem.libretexts.org/Courses/SUNY_Potsdam/Book%3A_Organic_Chemistry_II_\(Walker\)/19%3A_Oxidation_and_Reduction/19.03%3A_Reductions_using_NaBH4%2C_LiAlH4](https://chem.libretexts.org/Courses/SUNY_Potsdam/Book%3A_Organic_Chemistry_II_(Walker)/19%3A_Oxidation_and_Reduction/19.03%3A_Reductions_using_NaBH4%2C_LiAlH4)
- ۱۶- Maria C. Cancellieri et al. , Applications of biocatalytic C double bond C bond reductions in the synthesis of flavours and fragrances, Journal of Biotechnology, Volume 390, 10 July 2024, Pages 13–27
- ۱۷- M. C. Cancellieri et al. , Applications of biocatalytic C double bond C bond reductions in the synthesis of flavours and fragrances, Journal of Biotechnology, Volume 390, 10 July 2024, Pages 13–27
- ۱۸- G. Durin et al. , Review Article Electrocatalytic hydrogenation of unsaturated organic compounds with molecular complexes: Mechanistic views, Current Opinion in Electrochemistry, Volume 41, October 2023, 10137
- ۱۹- R. B. Nasir Baig et al. , Magnetic Fe@g-C₃N₄: A Photoactive Catalyst for the Hydrogenation of Alkenes and Alkynes, ACS Sustainable Chem. Eng. 2016, 4, 3, 1661–1664
- ۲۰- Organic Chemistry, Morrison and Boyd, 7th edition, 1978
- ۲۱- Chemistry Learner, Hydrogenation, <https://www.chemistrylearner.com/chemical-reactions/hydrogenation>
- ۲۲- Petroleum Refining: Technology and Economics, J. H. Gary ,G. E. Handwerk, M. J. Kaiser, Fifth Edition, 2004

- ۲۳- N.A. Zainal, H.H. M., "A review on the chemistry, production, and technological potential of bio-based lubricants", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (2018)
- ۲۴- Libre Texts libraries, 10.5: Reaction of Alkenes- Hydrogenationk,
[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_I_\(Liu\)/10%3A_Alkenes_and_Alkynes/10.05%3A_Reaction_of_Alkenes-_Hydrogenation](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_I_(Liu)/10%3A_Alkenes_and_Alkynes/10.05%3A_Reaction_of_Alkenes-_Hydrogenation)
- ۲۵- P. Ding et al. , A green, cheap and robust method for selective hydrogenation of nitroarenes, *Tetrahedron*, Volume 167, 7 November 2024, 134269
- ۲۶- S. Ma et al. , Nickel-Catalyzed Efficient Transfer Hydrogenation of Ketones, *ChemistrySelect*, 2024, 9(19)
- ۲۷- V. Abraham, J.M. deMan, Nickel Catalyst Poisoning by Sulfur in the Form of Allyl Isothiocyanate During the Hydrogenation of Canola Oil, *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, Volume 19, Issue 5, December 1986, Pages 235-240
- ۲۸- X. Zhao et al. , Recent Progress in Pd-Based Nanocatalysts for Selective Hydrogenation, *ACS Omega* 2022, 7, 1, 17-31
- ۲۹- Gianvito Vil et al. , Advances in the Design of Nanostructured Catalysts for Selective Hydrogenation, *ChemCatChem* 2016, 8, 21-33
- ۳۰- X. Zhao et al. , Recent Progress in Pd-Based Nanocatalysts for Selective Hydrogenation, *ACS Omega* 2022, 7, 1, 17-31
- ۳۱- Yong Wu et al. , A rare earth hydride supported ruthenium catalyst for the hydrogenation of N-heterocycles: boosting the activity via a new hydrogen transfer path and controlling the stereoselectivity, *Chem. Sci.*, 2019,10, 10459-10465
- ۳۲- Yangzhi Xu et al. , Cu-supported nano-ZrZnOx as a highly active inverse catalyst for low temperature methanol synthesis from CO2 hydrogenation, *Applied Catalysis B: Environment and Energy*, Volume 344, 5 May 2024, 123656
- ۳۳- Yunlong Yao et al. , Highly efficient Cu-based catalysts for selective hydrogenation of furfural: A key role of copper carbide, *Renewable Energy*, Volume 197, September 2022, Pages 69-78
- ۳۴- P. Prinsen ; R. Luque, Chapter 1: Introduction to Nanocatalysts, *Catalysis Series*, 2019, Page 1 - 36
- ۳۵- Xing Li et al. , Modulation of metal nanocatalysts for enhanced selectivity of chemoselective reduction and addition hydrogenation, *Molecular Catalysis*, Volume 540, 1 April 2023, 113028
- ۳۶- <https://www.nipna.ir>
- ۳۷- <https://www.sarvco.ir>
- ۳۸- <https://www.irna.ir/news/84343973>
- ۳۹- Xiaoyong Du et al. , A versatile cobalt catalyst for highly enantioselective hydrogenation of carbonyl compounds, *Chem Catalysis*, Volume 4, Issue 5, 16 May 2024, 100999
- ۴۰- <https://www.irna.ir/news/85376485>
- ۴۱- <https://sarvco.ir/index.php/fa/design-and-features>
- ۴۲- <https://farhikhtegandaily.com/news/89338>
- ۴۳- تولید ۹۰ هزار تن هیدروژن در شرکت‌های پتروشیمی، خبرگزاری انرژی پرس، (۱۴۰۲)
- ۴۴- <https://khwarizmico.com/abadan-ref-running-hydrogen-unit/>

کاربرد فناوری نانو در صنایع لاستیک و الاستومر



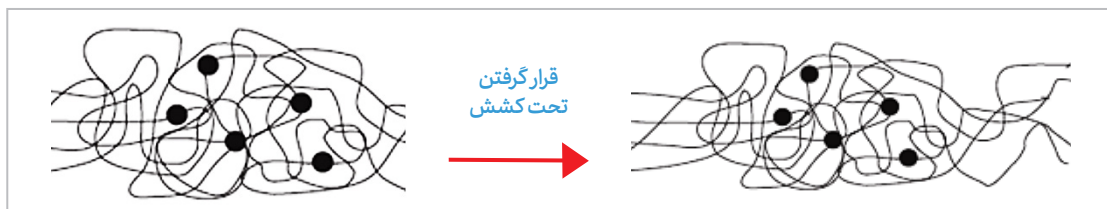
تهیه‌کننده شرکت پیشگامان فناوری دریچه

الاستومرها، موادی دارای خاصیت بازگشت‌پذیری هستند. به این صورت که پس از اعمال تغییر یا کشیدن، به حالت اولیه خود بازمی‌گردند. در صنعت، با ترکیب چند الاستومر با کمک نانوذرات می‌توان خواص آن را افزایش داد (الاستومر نانوکامپوزیت). در این گزارش، پس از معرفی الاستومرها، تأثیر افزودن نانوذرات در افزایش قابلیت‌های این ماده، شرح داده شده است. سپس به ذکر کاربرد آن در صنایع مختلف و معرفی تولیدکننده‌های داخل کشور، پرداخته شده است.

معرفی الاستومرها

مولکول‌ها به‌طور خودبه‌خود به آرایش طبیعی فشرده و تصادفی خود بازمی‌گردند (شکل ۱) [۱]. به همین دلیل به آن‌ها پلیمر الاستیک می‌گویند. الاستیک یعنی دارای خاصیت الاستیسیته‌ای که به معنای تغییر شکل بازگشت‌پذیر است.

الاستومر، ماده‌ای است که مولکول‌هایی با زنجیره‌های بلند دارد که به صورت نامنظم پیچ خورده‌اند. با اعمال نیرو، مولکول‌ها در جهتی که در آن کشیده می‌شوند، صاف می‌شوند و پس از رها شدن،



شکل ۱- الاستومر پیش و پس از قرار گرفتن تحت کشش (در حالت دوم، زنجیره‌های پیچ خورده در هم، باز می‌شوند و پس از قطع کشش، به حالت اولیه بازمی‌گردند) [۲]



شکل ۲- انواع الاستومرها [۴]

نانوپرکننده‌ها به دلیل خواص شگفت‌انگیزشان، می‌تواند افزایش باید. ترکیب نانوپرکننده‌ها خواص مکانیکی، حرارتی، مکانیکی دینامیکی، جلوگیری از نشتی، ضدشعله بودن و... را به طور چشمگیری بهبود می‌دهد. خواص نانوکامپوزیت‌های الاستومری تا حد زیادی به شیمی ماتریس‌های پلیمری، ماهیت نانوپرکننده‌ها و روش تهیه آن‌ها بستگی دارد. پراکندگی کاملاً یکنواخت نانوپرکننده‌ها نیز در ماتریس‌های الاستومری یک پیش‌نیاز اساسی برای دستیابی به ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی مطلوب است [۵].

برای افزایش قابلیت‌های الاستومر با افزودن نانوذرات پرکننده مطابق جدول ۱ استفاده می‌شود.

در بیشتر تحقیقات برای اثر بهبود نانوذرات در لاستیک، نانوذرات غیرآلی مورد بحث قرار گرفتند [۷].

برای افزایش قابلیت‌های الاستومرها، گاهی آن‌ها را با هم ترکیب می‌کنند، برخی از این مواد در اختلاط با هم ناسازگار هستند، افزودن ذرات پرکننده‌های نانومقیاس می‌تواند به حل این مشکل کمک کند. به عنوان مثال با افزودن نانورس (خاک رس نانومقیاس) به مخلوط چند پلیمر غیرقابل اختلاط، مقداری سازگاری بین مواد داخل مخلوط رخ می‌دهد [۸].

این قابلیت برای الاستومرها باعث شده که به طور گسترده در صنایع مختلف استفاده شوند. از جمله به عنوان عناصر آب‌بندی (واشر، مهر و موم) کاربرد زیادی دارند. برخی از الاستومرها به جز این مورد، خصوصیات دیگری از جمله شفافیت یا خودترمیمی نیز دارند. الاستومرهای خودترمیم‌شونده می‌توانند پس از آسیب دیدن ناشی از نیروهای خارجی، ترمیم شوند. برخی نیز در تماس با مایعات خاصی افزایش حجم می‌دهند که به آن‌ها الاستومر انبساطی نیز گفته می‌شود [۳]. شکل ۲، برخی از انواع الاستومر را نشان می‌دهد.

الاستومرها نوعی پلیمر هستند و آن‌ها را می‌توان به طور کلی به دو دسته تقسیم کرد:

■ الاستومر ترموپلاستیک (TPE)

■ الاستومر گرما سخت

الاستومر گرما سخت، همان لاستیک سنتی است. اما الاستومر ترموپلاستیک، قدری متفاوت است. این ماده، قابلیت ارتجاعی لاستیک را در دمای اتاق دارد و می‌تواند در دمای بالا، پلاستیکی (سخت و غیرانعطاف‌پذیر) شود. بنابراین این نوع الاستومرها، ویژگی‌های دو ماده را با هم به صورت ترکیبی دارند. یک زنجیره مولکول این ماده، از بخش‌های سخت (پلاستیک) و بخش‌های نرم (لاستیک) تشکیل شده است. برهم‌کنش بین بخش‌های سخت، پیوندهای عرضی فیزیکی بین زنجیرهای مولکولی ایجاد می‌کند. درحالی‌که بخش نرم، قابلیت چرخش بالا دارد. با تنظیم بخش‌های سخت و نرم می‌توان انواعی از مواد الاستومری را به دست آورد.

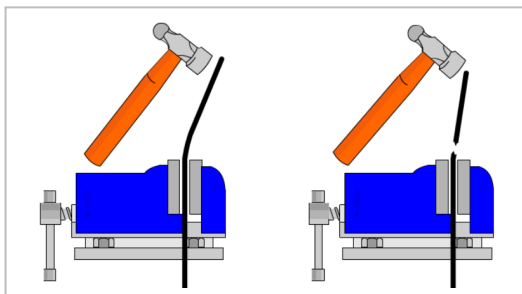
با توجه به طبقه‌بندی نوع مواد، مواد الاستومری را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد. از جمله الاستومر پلی‌اورتان، الاستومر اپوکسی، الاستومر نانوکامپوزیت، الاستومر لاستیکی و... را در طبقه‌بندی مواد می‌توان نام برد [۳].

پیشرفت الاستومر با کمک نانوذرات

به طور کلی قابلیت‌های مواد الاستومری با افزودن مقدار کمی از

جدول ۱- برخی از انواع نانوذرات افزوده شده به الاستومرها [۶] [۵]

نانوذرات مورد استفاده برای تقویت الاستومر		
نانوذرات خاکی‌های سیلیکات لایه‌ای	نانوالیاف	نانوذرات سیلیکا
نانوذرات کربنات کلسیم	نانوذرات اکسیدهای فلزی	نانوذرات فلزی
نانولوله‌های کربنی (CNT)	نانوذرات سیلیس	فولرن‌ها
نانوذرات زیستی	نانوالماس‌ها	سیلیس‌کوکسان الیگومری چندوجهی (POSS)



شکل ۳- مفهوم چقرمگی (حداکثر نیرویی که جسم می تواند تحمل کند تا قبل از آن که شکسته شود) [۱۲]

مزایا

■ افزایش خواص مکانیکی ماده

هنگامی که اندازه ذرات لاستیک در مقیاس نانو است و توزیع اندازه ذرات یکنواخت است، فضای بین ذرات لاستیک در ماتریس پلاستیکی به قدری کوچک است که حرکت آزاد را محدود می کند. به جز بهبود خواص مقاومت حرارتی، این کار چقرمگی ماده را زیاد می کند [۱۰]. چقرمگی مقدار نیرویی است که جسم می تواند تحمل کند تا قبل از زمانی که شکسته شود [۱۱].

به عنوان مثال، افزودن نانوذرات الاستومر در رزین اپوکسی آزمایش شده است. این نانوذرات، موجب افزایش دو برابری در مقدار چقرمگی و افزایش سه برابری در مقدار ازدیاد طول شده است [۱۳]. همچنین نانوصفات گرافیت^۴ در زمینه نوعی الاستومری (کوپلیمر اکریلونیتریل بوتادین^۵) توزیع شد (تولید یک نانوکامپوزیت الاستومری). آزمایش های دینامیکی- مکانیکی نشان داد که ترکیب حاصل دارای مدول الاستیک و استحکام کششی بسیار بالاتر و اتصالات قوی تری هستند. این باعث شده در برابر سایش نیز مقاومت بالاتری از خود نشان دهند [۱۴]. برای این ماده ازدیاد طول در هنگام شکست تا ۶۰ درصد افزایش یافته است [۱۵]. در بخشی دیگر، افزودن نانوذرات به یک نوع الاستومری که در صنعت نفت استفاده می شد، بررسی شد. در این نوع الاستومرها توانستند مقاومت سایشی را تا بیش از ۱۰ درصد افزایش دهند، این در حالی است که انبساط حرارتی نامطلوب در آن ها ۳۰ درصد کاهش یافته است. نتیجه باعث شده این مواد در استفاده هایی که در معرض آسیب یا گرمایش موضعی هستند، پایداری خود را بیشتر حفظ کند [۱۶].

در کاربرد دیگری از استفاده نانوذرات، نانوذرات سیلیس^۶ با نانولوله های کربنی چند جداره^۷ مونتاژ شدند و نانوکامپوزیت حاصل در زمینه لاستیک استایرن بوتادین پلیمریزه شده با محلول^۸ توزیع شد. نانوذرات سیلیسیم اکسید با اندازه ذرات ۱۰ تا ۱۵ نانومتر می تواند از طریق پیوندهای کووالانسی روی سطح نانولوله های کربنی محکم شود. با افزایش درصد وزنی نانولوله های کربنی، هم استحکام کششی

نانوذرات بدین صورت اختلاط چند پلیمر الاستیک را در همدیگر افزایش می دهند:

■ سطح بالای نانوذرات رس با هر دو پلیمر داخل مخلوط، پیوندهای درجا ایجاد می کند و در نتیجه به کاهش کشش سطحی بین پلیمرهای غیر قابل اختلاط کمک می کند.

■ پراکنده شدن نانوذرات رس در میان زنجیره های مولکولی یک فاز از پلیمر داخل مخلوط، تحرک زنجیره های پلیمری آن ماده را به تأخیر می اندازد و در نتیجه از رشد یک فاز جداگانه ناشی از به هم پیوستن زنجیره های آن ماده جلوگیری می کند (در صورتی که هر ماده، داخل مخلوط حل نشود، یک فاز جداگانه تشکیل می دهد و به عبارتی یک مخلوط دوفازی تشکیل می دهد).

اکسیدهای فلزی مهمی که می توانند به عنوان نانوذرات تقویت کننده در یک ترکیب الاستومری استفاده شوند، شامل ماده دی اکسید تیتانیوم و ماده اکسیدروی هستند. با افزودن نانوذرات اکسیدروی، در زمینه لاستیک بوتادین همراه سیلیس، استحکام کششی بالا به دست می آید و بر روی پخت محصول نیز اثر دارد [۸]. همچنین در صورتی که بستر، ویژگی شفافیت را داشته باشد، با افزودن نانوذرات اکسید فلز در شرایطی، شفافیت بستر نیز حفظ خواهد شد [۹].

در سال های اخیر پرکننده های سیلیسی نیز به عنوان پرکننده تقویت کننده لاستیک ها با توجه به عوامل اقتصادی و همچنین توانایی آن ها در ارائه مزایای عمده ای مانند انبساط حرارتی کم، مقاومت شیمیایی، سطح سخت، استحکام دی الکتریک بالا و... کاربرد داشتند.

دیگر نانوذرات آلی مانند نانوتیوب کربنی و گرافن نیز به عنوان پرکننده می توانند در الاستومر پلیمری برای افزایش قابلیت های ماده استفاده شوند [۸].

گاهی نیز از نانوذرات الاستومر برای افزایش قابلیت دیگر پلیمرها استفاده می شود. نانوذرات الاستومری^۹ که لاستیک پودری تمام ولکانیزه فوق العاده ریز^{۱۰} نیز نامیده می شود، نوعی ذره لاستیکی با قطر ۱۰۰ نانومتر و اتصالات عرضی بسیار بالا در سطح هستند. این نانوذرات در اصلاح لاستیک و روان کننده ها مفید بوده اند [۱۰].

افزودن نانوذرات الاستومری شبکه ای شده مقاومت گرمایی بستر پلاستیکی را نیز افزایش می دهد. نانوذرات الاستومری به وسیله پرتو نوری، شبکه ای می شوند و با اسپری کردن خشک می شوند. بعد از اسپری کلوخه هایی به اندازه ۵۰ میکرومتر تشکیل می شود، این کلوخه ها در زمان مخلوط شدن به آسانی جدا خواهند شد. شبکه ای کردن ساختار نانوذرات، کلوخه ای شدن نانوذرات الاستومر در رزین اپوکسی را کاهش می دهد [۷].

و هم ازدیاد طول در شکست به ترتیب ۲۳٫۶ مگاپاسکال و ۳۹ درصد افزایش یافت [۱۷].

نانوذرات رس همچنین می‌تواند باعث سدکنندگی نفوذ گاز و افزایش مدول (بیشترین نیرویی که می‌تواند تحمل کند تا قبل از شکست) شود. برای رسیدن به این خصوصیات، توزیع نانوذرات در لاستیک، بایستی یکنواخت باشد [۷].

■ جاذب ضربه و دمپ کردن ارتعاش

تحقیقات نشان داده که نانوکامپوزیت‌های تشکیل شده توسط برخی نانوذرات تقویت‌کننده در پلیمرها/الاستومرها، به‌طور قابل توجهی ویژگی‌های میرایی ارتعاش آن‌ها را بهبود می‌بخشد [۱۸]. به عنوان مثال، نانوذرات سیلیس با قطر ۱۱۰ نانومتر در زمینه یک الاستومر کامپوزیت سیلیکا شفاف و سخت (دی (اتیلن گلیکول) متیل اتر متاکریلات)^۱ توزیع شد. بر روی ماده حاصل، اندازه‌گیری‌های خواص ارتعاشی - میرایی انجام شد. نتایج نشان داد که ضریب تلفات الاستومر کامپوزیت^۲ به‌طور قابل توجهی بیشتر از الاستومر بدون نانوذرات است. این نشان می‌دهد که این ماده می‌تواند به عنوان یک لایه در شیشه‌های چندلایه در کاربردهای خودرویی و معماری استفاده شود [۱۹].

قابلیت الاستومرهای تقویت شده با نانوذرات باعث شده برای حفاظت از ساختمان‌ها و پل‌ها در برابر زلزله‌های بزرگ با عنوان عایق‌های الاستومری حفاظت لرزه‌ای^۳ نیز استفاده شوند [۲۰].

■ بهبود خواص حرارتی

میزان استفاده از نانوذرات نقش مهمی در پایداری حرارتی نانوکامپوزیت‌ها (نانوذرات در زمینه یک الاستومر) دارد. در بیشتر موارد، افزایش پایداری حرارتی در بارگذاری کم (۴ تا ۵ درصد وزنی) نانوذرات انجام می‌شود. با افزایش درصد نانوذرات از میزانی به بعد، مقاومت حرارتی دیگر افزایش پیدا نمی‌کند [۲۱]. به عنوان مثال، نانوصفحات گرافیت در زمینه نوعی الاستومر توزیع شد و توانست خواص حرارتی ماده را افزایش دهد [۲۰]. در کاربرد دیگری، نانوذرات رس که با ذرات اکسید آهن و ذرات تری آمینوپروپیل متوکسی سیلان، ترکیب شدند (حاصل، یک نانوکامپوزیت است). ماده حاصل در زمینه نوعی الاستومر به نام پلی اورتان توزیع شدند (حاصل، یک نانوکامپوزیت الاستومری است). این کار، الاستومر را مغناطیسی کرد (به دلیل اکسید آهن) و علاوه بر آن، مقاومت حرارتی آن را افزایش داد. مقاومت و پایداری حرارتی بیشتر، باعث می‌شود که ماده در دماهای بالاتری بدون تخریب بتواند کار کند [۲۲]. همچنین همان‌طور که بالاتر ذکر شد محدودیت آزادی حرکت زنجیره‌های الاستومر به دلیل توزیع یکنواخت نانوذرات و اتصالات جدید حاصل، مقاومت حرارتی ماده را نیز بهبود می‌دهد [۱۰]. همچنین بارگذاری

بالای نانوذرات در یک پلیمر می‌تواند جذب اشعه UV را در محدوده وسیعی تغییر دهد [۹].

■ جلوگیری از نفوذ گاز و نشتی

توزیع نانوصفحات گرافیت در زمینه نوعی الاستومر^۳، بررسی شد، نتایج نشان داد که این نانوکامپوزیت الاستومری، می‌تواند در برابر نفوذ گاز، جلوگیری بهتری داشته باشد [۱۴]. این ویژگی برای کاربرد در بسته‌بندی محصولات، مفید است. در بررسی دیگری نانوذرات الاستومر در رزین اپوکسی توزیع شد. نتایج کاهش جذب آب را نشان داد [۱۳]. این برای کاربردهای واشر و مهر و موم برای کمک به جلوگیری از نشتی آب و مایعات دیگر، مفید است.

■ رسانایی الکتریکی

ترکیب نانوذرات در افزایش رسانایی الکتریکی یک کامپوزیت تأثیر می‌گذارد. نانومواد غیرکروی، مانند نانوسیم‌های نقره، در مقایسه با نانوذرات کروی با نفوذ کمتر از ۱ درصد کسر حجمی به دلیل افزایش تماس با ذرات، افزایش بیشتری در هدایت الکتریکی کامپوزیت‌ها دارند [۲۳]. همچنین آزمایش‌ها نشان داده که توزیع نانوذرات گرافن در نوعی الاستومر^۳ خواص هدایت الکتریکی را بهبود داده است [۱۴].

■ ثبات رنگ

عمر محدود پروتئ‌های صورت به دلیل تخریب و بی‌ثباتی رنگ یک چالش مهم در کاربردهای پزشکی است. تحقیقاتی بر روی توزیع نانوذرات اکسیدروی در زمینه الاستومرهای سیلیکونی فک و صورت^۳ انجام شد. سپس نانوکامپوزیت الاستومری حاصل در معرض پیری مصنوعی قرار گرفت و ثبات رنگ آن بررسی شد. نانوذرات حفاظت خوبی را ارائه کردند و کاهش تغییر رنگ را نشان دادند [۲۴].

■ ضد حریق

توزیع نانوپرکننده‌های سیلیکات در زمینه نوعی الاستومر، می‌تواند خاصیت ضد حریق ماده را افزایش دهد [۵].

■ افزایش چسبندگی پوشش‌ها

توزیع نانوذرات الاستومر در رزین اپوکسی بررسی شد. آزمایش بر روی ماده حاصل افزایش چسبندگی پوشش را تأیید می‌کند که می‌تواند در کاربردهای مختلف با کاهش هزینه و افزایش عملکرد نسبت به پوشش‌های دیگر استفاده شود [۱۳].

■ افزایش حساسیت به فشار

توزیع نانوصفحات گرافن در الاستومر پلی دی متیل سیلوکسان^{۱۵}،

شرکت های ایرانی تولیدکننده محصولات نانوکامپوزیت الاستومری

شرکت های دانش بنیان در داخل کشور برخی محصولات نانوکامپوزیت الاستومری را تولید می کنند. ازجمله شرکت پویا گستر خراسان در خراسان رضوی با ترکیب نانوذرات در زمینه نوعی الاستومر، نوارهای آب بندی قطارهای شهری و نوار لاستیکی خودرو را تولید می کند.

همچنین شرکت سازه پایدار الهیه در استان تهران، از نانوکامپوزیت های الاستومری، محصولی با قابلیت عایق صوتی و حرارتی تولید کرده که به ویژه در بخش های تأسیساتی و صنعتی (پالایشگاه ها، بیمارستان ها، ساختمان ها و...) کاربرد دارد.

شرکت فرایشتاز هونام در استان فارس نیز واشرهای لاستیکی نانوکامپوزیتی برای بهبود عملکرد آب بندی در تأسیسات ساختمانی و تجهیزات آب رسانی را توسعه داده است [۲۷].

جمع بندی

الاستومرها موادی با خاصیت کشسانی هستند که پس از تغییر، به حالت اولیه خود بازمی گردند. این مواد کاربرد گسترده ای ازجمله در آب بندی تجهیزات و جلوگیری از نشتی (واشر، مهر و موم و...)، لاستیک خودرو، روکش سیم، حسگرها، وسایل جراحی، سیالات حفاری و... دارند. نانوکامپوزیت های الاستومری، موادی با بستر الاستومر هستند که ترکیب نانوذرات به آن ها افزوده شده است. ازجمله تأثیر افزودن نانوذرات به الاستومر، افزایش استحکام و چقرمگی ماده، افزایش قابلیت جاذب ضربه و دمپ کردن ارتعاش، بهبود خواص حرارتی، جلوگیری بیشتر از نفوذ گاز و نشتی، بهبود خواص رسانایی الکتریکی، افزایش ثبات رنگ، بهبود خاصیت ضد حریق، افزایش چسبندگی پوشش ها و افزایش حساسیت به فشار است. در ایران نیز سه شرکت دانش بنیان دارای گواهی نانومقیاس، اکنون در تولید محصولات نانوکامپوزیت های الاستومری نقش ایفا می کنند.

باعث شده ماده حاصل در عین حفظ انعطاف پذیری، حساسیت بیشتری نسبت به فشار داشته باشد که آن را به گزینه مناسبی برای کاربردهای پوست مصنوعی و حسگرهای پوشیدنی تبدیل می کند [۲۵].

کاربردهای فناوری نانو در صنایع لاستیک و الاستومر

برخی از کاربردهای فناوری نانو در الاستومر ذکر شد. نانوکامپوزیت های الاستومر به طور گسترده می توانند در کاربردهای واشر و مهر و موم در انواع صنایع و ماشین آلات استفاده شوند. در صنعت خودرو نانوذرات الاستومر نیتریل بوتادین با قطر حدود ۸۰ نانومتر، بر روی اصلاح خواص مکانیکی دینامیکی لاستیک بررسی شده است. ماده حاصل می تواند مقاومت در برابر لغزش مرطوب را بهبود بخشد و مقاومت غلتشی را نیز کاهش دهد. همچنین دارای خواص دینامیکی خوبی برای عملکرد ایمنی لاستیک ها در دمای بالا و استحکام کششی خوب، استحکام پارگی و خواص خستگی بهبود یافته هستند [۲۶]. از نانوکامپوزیت های الاستومری می توان برای آب بندی موتور، شیلنگ، اتصالات واشر و... در صنعت خودرو استفاده کرد.

نانوکامپوزیت های الاستومری در صنعت دارو نیز کاربرد دارند. حسگرهای انعطاف پذیر حساس به فشار (پیزومقاومتی) بر اساس نانوکامپوزیت های نانوپلاکت های گرافن و پلی دی متیل سیلوکسان الاستومر، نه تنها می توانند تا حدودی به خم شدن پاسخ دهند، بلکه حرکات انگشت فرد را به دقت تشخیص می دهند [۲۵]. همچنین این مواد ممکن است بتوانند در دستکش های جراحی یا روکش های بسته بندی نیز استفاده شوند. در صنعت نفت و گاز، این مواد ازجمله در کمک به سیالات حفاری و اکتشاف نفت و آب بندی تجهیزات کمک کننده هستند. در صنعت ساختمان نیز برای روکش کابل و سیم و رنگ می توانند کاربرد داشته باشند.

پی نوشت ها

۱- Elasticity

۲- Elastomeric nano-particle (ENP)

۳- Ultra-fine full-vulcanized powdered rubber(UFPR)

۴- GNP

۵- NBR

۶- SiO₂

۷- CNTs

۸- SSBR/BRNTs

۹- PMEO₂MA

۱۰- کامپوزیت پدین معنی است که چند ماده با هم مخلوط شده اند. الاستومر کامپوزیت، یعنی چند ماده در زمینه الاستومر اضافه و مختلط شده اند.

۱۱- ESPI

۱۲- در اینجا، منظور نوعی الاستومر با نام اختصار NBR است.

۱۳- در اینجا، الاستومری با نام اختصار NBR منظور است.

۱۴- HTV

۱۵- PDMS

- ۱- "Encyclopedia Britannica," elastomer, without year. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/science/elastomer/Intermolecular-association-thermoplastic-elastomers>.
- ۲- "Elastomers – optimal freedom of design," Tinby A/S, [Online]. Available: <https://tinby.com/about-polyurethane-pur/elastomers-optimal-freedom-of-design/>.
- ۳- "Research Progress of Elastomer Materials and Application of Elastomers in Drilling Fluid," *Polymers*, vol. 15, no. 4, p. 918, 2023.
- ۴- "The Basics of Working with Elastomeric Materials," SyBridge Technologies, 2020. [Online]. Available: <https://sybridge.com/elastomeric-materials/>.
- ۵- "Elastomer Nanocomposites," *Rubber Chemistry and Technology*, vol. 81, no. 3, p. 384–469., 2008.
- ۶- "Rubber Nanocomposites: Latest Trends and Concepts," in *Advances in Elastomers II*, 2013, p. 69–107.
- ۷- مروری بر کاربردهای نانوذرات الاستومری شبکه‌ای‌شده، نشریه صنعت لاستیک، ۲۵، ۱۱۰، ۱۴۰۰.
- ۸- "Elastomer Blends: The Role of Nanoparticles on Properties," *Encyclopedia of Polymeric Nanomaterials*, Springer Berlin Heidelberg, 2014.
- ۹- "The role of nanoparticles in visible transparent nanocomposites," *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, vol. 7030, 2008.
- ۱۰- J. Qiao, "Elastomeric nano-particle and its applications in polymer modifications," *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, vol. 3, no. 2, pp. 47-59, 2020.
- ۱۱- n. nielsen, "Stack Exchange," What is the difference between toughness and hardness?, 2020. [Online]. Available: <https://physics.stackexchange.com/questions/561431/what-is-the-difference-between-toughness-and-hardness#:~:text=Hardness%20is%20resistance%20to%20deformation,to%20the%20point%20of%20fracture..>
- ۱۲- V. Ryan, "technology student," TOUGHNESS TESTING OF MATERIALS, 2012. [Online]. Available: <https://technologystudent.com/joints/toughness1.html>.
- ۱۳- ع. آ. م. ک. س. مزینانی، «خواص فیزیکی، مکانیکی و حرارتی پوشش‌های اپوکسی در حضور نانوذرات الاستومری»، مجله مواد پیشرفته و پوشش‌های نوین، دوره ۷، شماره ۲۸، صص. ۱۴۷-۱۵۳، ۱۳۹۸.
- ۱۴- M. T. Q.-X. J. J.-H. S. Jian Yang, "Improved mechanical and functional properties of elastomer/graphite nanocomposites prepared by latex compounding," *Acta Materialia*, vol. 55, no. 18, pp. 6372–6382, 2007.
- ۱۵- D. K. Soumya Mondal, "Elastomer reinforcement by graphene nanoplatelets and synergistic improvements of electrical and mechanical properties of composites by hybrid nano fillers of graphene-carbon black & graphene-MWCNT," *Composites Part A Applied Science and Manufacturing*, vol. 102, pp. 154–165, 2017.
- ۱۶- R. D. e. al., "Nano-Enhanced Elastomers for Oilfield Applications," in *Offshore Technology Conference, Texas*, 2017.
- ۱۷- L. K. e. al., "High-performing multi-walled carbon nanotubes/silica nanocomposites for elastomer application," *Composites Science and Technology*, vol. 162, no. 7, pp. 23–32, 2018.
- ۱۸- M. R. e. al., "Nanocomposite Vibration Dampers formed by Reinforcement in Viscoelastic Materials," in *International Conference on Recent Trends in Engineering & Science*, 2017.
- ۱۹- F. A. e. al., "Silica Nanoparticle Reinforced Composites as Transparent Elastomeric Damping Materials," *Silica Nanoparticle Reinforced Composites as Transparent Elastomeric Damping Materials*, vol. 4, no. 4, 2021.
- ۲۰- T. NISHII, "Heterogeneous Structure in Elastomers and Polymer Nanotechnology: Part IV. Polymer Nanotechnology and Megatechnology," *Rubber Science and Technology*, vol. 92, no. 8, pp. 295–301, 2019.
- ۲۱- D. Bikiaris, "Review Can nanoparticles really enhance thermal stability of polymers? Part II: An overview on thermal decomposition of polycondensation polymers," *Thermochimica Acta*, vol. 523, no. 1–2, pp. 25–45, 2011.
- ۲۲- س. ز. ح. م. ع. نیکجه، «تهیه و مطالعه نانوکامپوزیت الاستومری پلی اورتان مغناطیسی با استفاده از نانوذرات رس اصلاح شده با تری آمینوپروپیل متوکسی سیلان و اکسید آهن» در پنجمین همایش ملی فناوری نانو از تنوری تا کاربرد، ۱۳۹۵.
- ۲۳- D. C. e. al., "Influence of Nanoparticles on Thermal and Electrical Conductivity of Composites," *Polymers*, vol. 12, no. 4, p. 742, 2020.
- ۲۴- M. A. e. al., "The impact of zirconium dioxide nanoparticles on the color stability of artificially aged heat-polymerized maxillofacial silicone elastomer," *Science Progress*, vol. 106, no. 4, 2023.
- ۲۵- D. N. e. al., "Graphene-elastomer nanocomposites based flexible piezoresistive sensors for strain and pressure detection," *Materials Research Bulletin*, vol. 102, pp. 92–99, 2018.
- ۲۶- Q. W. e. al., "Effect of elastomer nanoparticles on improving the wet skid resistance of SBR/NR composites," *Rubber Chemistry and Technology*, vol. 89(2), 2015.
- ۲۷- news.nano.ir/107152

با واکسن نانوذره‌ای، دنیا برای همه‌گیری بعدی آماده است

تولید و تصفیه واکسن، زنجیره توسعه واکسن را تا حد زیادی فشرده کرده و به تحقق «مأموریت ۱۰۰ روزه» CEPI برای تولید واکسن‌های همه‌گیر کمک کند.

مزیت دیگر این فناوری، انعطاف پذیری بالای آن در برابر بیماری‌های مختلف است. ساختار «وصل و اجرا» (Plug-and-Play) در فناوری SNAP این امکان را می‌دهد که آنتی‌ژن‌های مربوط به هر بیماری، به راحتی و در زمانی کوتاه وارد پلتفرم شده و واکسن‌های جدیدی با حداقل مراحل تولید ساخته شوند. همچنین برخلاف روش‌های سنتی، به دلیل بهره‌گیری از تگ‌های His و اتصال مستقیم به سطح نانوذره، سیستم ایمنی بدن واکنش منفی به این تگ‌ها نشان نمی‌دهد؛ موضوعی که در کارآزمایی‌های انسانی نیز تأیید شده است.

در پروژه‌ای که با سرمایه CEPI آغاز شده، پژوهشگران در تلاش‌اند تا کارایی فناوری SNAP را برای مقابله با سندرم تب شدید همراه با کاهش پلاکت (SFTS) که یک بیماری ویروسی قابل انتقال از طریق کنه در شرق آسیاست، بررسی کنند. این مطالعه توسط گروه بین‌المللی متشکل از پژوهشگران دانشگاه بوفالو، دانشگاه علوم پزشکی SUNY Upstate در ایالات متحده و مؤسسه ملی بیماری‌های عفونی ژاپن اجرا می‌شود.

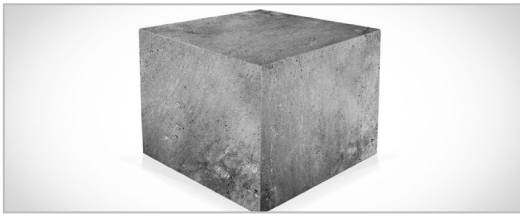
منبع www.cepi.net

در گامی نوآورانه برای مقابله با تهدیدهای همه‌گیری آینده، گروهی از پژوهشگران شرکت دارویی نوپای «پاپ بایو» (POP BIO) با حمایت مالی ائتلاف جهانی CEPI، رویکردی نوین در طراحی واکسن‌های پروتئینی ارائه کرده‌اند. این رویکرد بر پایه فناوری SNAPTM (ذره‌سازی آنتی‌ژن با نانولیپوزوم‌های خودبه‌خودی) توسعه یافته و می‌تواند سرعت ساخت و تصفیه واکسن‌ها را به شکل چشمگیری افزایش دهد.

در این فناوری، آنتی‌ژن‌هایی از عامل بیماری‌زا که بخش‌های غیرفعال و بی‌ضرری از پروتئین‌های بیماری‌زا هستند، به کمک برچسب پروتئینی خاصی موسوم به His-tag به نانولیپوزوم‌های حاوی کبالت متصل می‌شوند. این نانولیپوزوم‌ها نه تنها حامل آنتی‌ژن هستند، بلکه به تقویت پاسخ ایمنی نیز کمک می‌کنند. برخلاف روش‌های مرسوم تصفیه آنتی‌ژن‌ها که پیچیده و زمان‌بر هستند، فناوری SNAP می‌تواند تنها در عرض ۳۰ دقیقه آنتی‌ژن‌ها را از ناخالصی‌ها جدا کرده و آن‌ها را به واکسن‌های نانوذره‌ای مؤثر تبدیل کند.

دکتر کنت کستر؛ مدیر اجرایی بخش واکسن CEPI، تأکید کرده است که در شرایط بروز یک بیماری واگیردار، هر روز و حتی هر ساعت حیاتی است. فناوری SNAP این توان را دارد که با کاهش مراحل پیچیده

ساخت بتن پایدار و مقاوم به تغییرات اقلیمی با افزودنی گرافنی



مسئله‌ای که کاملاً در راستای اهداف اقلیمی بلندمدت هند و تعهد آن به دستیابی به انتشار خالص صفر (Net Zero) قرار دارد.

تفاهم‌نامه اخیر، نقطه عطفی در مسیر توسعه مصالح ساختمانی پیشرفته و مقاوم در برابر تغییرات اقلیمی به شمار می‌رود. به واسطه تخصص پژوهشی شورای ملی مصالح ساختمانی در زمینه بتن و نوآوری‌های فناورانه TACC در حوزه گرافن، این همکاری می‌تواند تحولی چشمگیر در صنعت ساخت و ساز ایجاد کند و مسیر ساخت مصالح بادوام و دوستدار محیط زیست را هموار سازد.

منبع www.projectstoday.com

شرکت «TACC» با همکاری شورای ملی سیمان و مصالح ساختمانی هند، قصد دارد بتنی مقاوم، ماندگار و دوستدار محیط زیست تولید کند که با فناوری گرافن تقویت شده است. این بتن نسل جدید می‌تواند هم زمان کیفیت ساخت و ساز را افزایش دهد و ردپای کربنی آن را کاهش دهد.

شرکت کربن‌های پیشرفته (TACC)، از زیرمجموعه‌های شرکت HEG، با امضای تفاهم‌نامه‌ای (MoU) با شورای ملی سیمان و مصالح ساختمانی هند (National Council for Cement and Building Materials - NCB)، همکاری خود را برای توسعه نسل جدید بتن‌های پیشرفته و پایدار آغاز کرده است؛ بتن‌هایی که با افزودنی‌های گرافنی تقویت شده‌اند.

این مشارکت راهبردی با هدف بهره‌گیری از ویژگی‌های منحصربه‌فرد گرافن در بهبود عملکرد بتن صورت گرفته است. افزودن نانومواد گرافنی به ساختار بتن می‌تواند به شکل چشمگیری موجب افزایش استحکام، دوام و عملکرد سازه‌ها شود. در عین حال، این فناوری نوین نقش مهمی در کاهش انتشار کربن ایفا می‌کند؛

ساخت مخازن سبک و ایمن برای هیدروژن مایع با کمک نانوصفحات گرافنی



شرکت فرست گرافن در حال آزمایش نوعی ترکیب گرافنی برای ساخت مخازن سبک و ایمن ذخیره سازی هیدروژن مایع است. این فناوری می تواند باعث کاهش چشمگیر نفوذپذیری هیدروژن و افزایش ایمنی شود. همچنین این شرکت در پروژه ای برای چاپ سه بعدی فلزات با گرافن نیز مشارکت دارد که به کاهش مصرف انرژی در صنعت کمک خواهد کرد.

شرکت استرالیایی فرست گرافن (First Graphene) از پیشرفت پروژه ۳,۷۲ میلیون دلاری HyPStore برای توسعه مخازن پیشرفته ذخیره سازی هیدروژن خبر داده است. آزمایش های کلیدی در آزمایشگاه تحقیقاتی این شرکت در شهر منچستر بریتانیا در حال انجام است و هدف نهایی، ساخت مخازن سبک، نفوذناپذیر و ایمن

برای ذخیره سازی هیدروژن مایع است که نسبت به هیدروژن گازی، تراکم انرژی بالاتر و حمل و نقل آسان تری دارد.

این شرکت، فاز جدیدی از پروژه HyPStore را آغاز کرده است. این پروژه با ارزش ۳,۷۲ میلیون دلار، با هدف توسعه نسل آینده مخازن ذخیره سازی هیدروژن مایع در حال اجراست. فناوری کلیدی در این پروژه، استفاده از مواد گرافنی برای بهبود خواص مکانیکی و نفوذناپذیری رزین های مورد استفاده در ساخت این مخازن است.

در حال حاضر، آزمایش هایی بر روی ترکیبات رزینی حاوی گرافن در آزمایشگاه تحقیق و توسعه این شرکت در منچستر بریتانیا در حال انجام است. این ترکیبات توسط شرکت Australia Sunlight Group ارائه شده اند و در مقایسه با ماده اختصاصی شرکت PureGRAPH شرکت فرست گرافن ارزیابی می شوند.

هدف اصلی از افزودن نانوصفحات گرافن به رزین، ایجاد یک مانع نفوذناپذیر در برابر گاز هیدروژن است. مطالعات پیشین نشان داده اند که استفاده از این ترکیبات گرافنی می تواند نفوذپذیری مخازن به گاز هیدروژن را تا ۴۸ برابر کاهش دهد؛ عددی قابل توجه برای صنعتی که ایمنی و حفظ تراکم انرژی در آن، اولویت مطلق دارد.

www.sharecafe.com.au منبع

چگونه یک شرکت نانویی می تواند مسیر صنایع را تغییر دهد؟

است که ازنظر اندازه، ۱۰۰ برابر کوچک تر از نمونه های بازار و کاملاً یکنواخت و بدون نقص هستند.»

یکی از مزیت های مهم این گرافن فوق ریز، توانایی آن در پر کردن فضاهای میکروسکوپی داخل مواد است. این خاصیت به مواد کمک می کند تا در برابر ترک خوردگی، خوردگی و تخریب ساختاری، مقاومت بیشتری داشته باشند.

از بتن و فولاد گرفته تا آلیاژهای سبک، گرافن شرکت هیدروگراف با افزودن تنها یک درصد به ماده اصلی، می تواند خواصی مانند رسانایی، مقاومت مکانیکی، پایداری در برابر اشعه فرابنفش و کاهش وزن را به طور چشمگیر بهبود بخشد.

بروئر با پیشنهادی در علوم و مهندسی، نخستین بار در سال ۲۰۲۰ با فناوری شرکت هیدروگراف آشنا شد. او می گوید: «در همان نگاه اول مجذوب فناوری شدم. گرافن ظرفیت خارق العاده ای دارد و روش تولید ما کاملاً منطقی، سبز و کاربردی بود.»

www.eurekamagazine.co.uk منبع

شرکت کانادایی HydroGraph با بهره گیری از فرایندی منحصربه فرد و سبز، گرافن فوق خالص تولید می کند که می تواند دوام مواد را افزایش دهد، کارایی باتری ها را ارتقا بخشد و تحولی در مسیر اقتصاد چرخشی ایجاد کند.

تولید گرافن خالص و قابل استفاده در مقیاس صنعتی همواره دشوار و پرهزینه است. اینجاست که شرکت هیدروگراف (HydroGraph) وارد می شود؛ شرکتی مستقر در کانادا که به گفته مدیرعامل آن، «کی پرستین بروئر (Kjirstin Breure)»، توانسته با روشی انقلابی، گرافن فوق خالص تولید کند.

روش شرکت هیدروگراف مبتنی بر فرایند انفجاری آبی و سازگار با محیط زیست است. در این فرایند، مخلوطی از گاز استیلن و اکسیژن در محفظه های فولادی و میان الکترودها انفجار می یابد. انرژی حاصل از این انفجار، ساختار مولکولی گاز را به گونه ای تغییر می دهد که کربن متبلور شده و به گرافن بسیار خالص تبدیل می شود.

بروئر می گوید: «در این روش نیازی به مواد شیمیایی خورنده یا فرایندهای پرهزینه جداسازی نیست. نتیجه کار، ذراتی از گرافن

شیائومی «هیتر هوشمند گرافنی» خود را در بازار اروپا عرضه می کند

کنترل تنظیمات از طریق پِنل لمسی روی قسمت بالایی دستگاه امکان پذیر است. علاوه بر این، به دلیل هوشمند بودن دستگاه، کاربران می توانند آن را از راه دور با اپلیکیشن های Xiaomi Home و Google Home کنترل کنند و همچنین از طریق دستیار صوتی گوگل فرمان های صوتی صادر کنند.

از لحاظ ایمنی، این هیتر مجهز به قابلیت های جلوگیری از گرم شدن بیش از حد و حسگر تشخیص حالت کج شدن است که در صورت افتادن یا کج شدن دستگاه، به طور خودکار خاموش می شود. توان دستگاه ۲۰۰۰ وات، زاویه نوسان ۷۰ درجه و وزن آن ۲٫۳ کیلوگرم است.

منبع www.gizmochina.com

شیائومی یکی از دستگاه های هوشمند خانگی خود را به بازار جهانی عرضه کرد. «هیتر هوشمند گرافنی شیائومی» پس از حضور موفق در چین، اکنون در اروپا نیز عرضه شده است. این دستگاه با قابلیت های هوشمند، ویژگی های ایمنی تعبیه شده و گرمادهی سریع، گزینه ای جذاب برای گرم کردن فضا به شمار می رود.

این هیتر از فناوری گرمادهی PTC سرامیکی با پوشش گرافنی و فناوری تشدید مادون قرمز دور (FIR) بهره می برد که به گفته شیائومی، امکان شروع سریع گرمایش را در عرض چند ثانیه فراهم می کند. این ویژگی باعث می شود اتاق در زمان کمتری گرم شود. هیتر همچنین دارای سه حالت مختلف جریان هوا برای تنظیم بهتر گرمایش و سیستم کنترل دماست.

استارتاپ دانشگاه میامی با فناوری نانو در مسیر تحول کشاورزی

کرد. هسته اصلی فناوری «اسمارت»، سیستم نانوکود هوشمندی است که به کمک نانوذرات مهندسی شده، مواد مغذی را به صورت دقیق و هدفمند به گیاهان می رساند. این سیستم برخلاف کودهای معمولی که به صورت عمده و غیرکنترل شده در مزارع پخش می شوند و منجر به هدررفت کود و آلودگی های محیط زیستی می شوند، از طریق فناوری آنروسل امکان پخش یکنواخت و کارآمد کود را فراهم می کند.

بر اساس گزارش این استارتاپ، استفاده از این روش می تواند میزان تولید محصول را تا هشتاد درصد افزایش دهد و مصرف کود را تا ۴۵ برابر کاهش دهد. این دستاورد می تواند تحولی اساسی در کاهش هزینه ها، حفظ محیط زیست و ارتقای امنیت غذایی ایجاد کند.

پژوهش های اولیه «اسمارت» در آزمایشگاه ها و گلخانه های کنترل شده آغاز شد و پس از آن به مزارع ایالت ایلینوی و همکاری با اتحادیه کشاورزی این ایالت رسید. کشاورزان استقبال گسترده ای از این فناوری نوظهور نشان دادند و با اشتیاق آزمایش ها و کاربردهای آن را دنبال کردند. دکتر بیسواس می گوید: «ما دیدیم که کشاورزان به نوآوری علاقه مندند و مشتاق اند تا با راهکارهای ما محصول بیشتری با استفاده کمتر از کود و آب داشته باشند. آن ها نه تنها به فکر تولید بیشتر هستند، بلکه دغدغه محیط زیست و جلوگیری از آلودگی ها را نیز دارند.» پس از انتقال دکتر بیسواس به فلوریدا، «اسمارت» فعالیت های خود را در این منطقه که از قطب های کشاورزی ایالات متحده است ادامه داد و برنامه های آزمایش میدانی خود را روی محصولات مختلف به ویژه گوجه فرنگی آغاز کرد.

منبع www.refreshmiami.com

استارتاپ «اسمارت» (SmArT) با فناوری نانو، راهکاری نوین برای افزایش بهره وری و کاهش مصرف کود شیمیایی ارائه کرد.

یک استارتاپ دانشجویی در دانشگاه میامی با بهره گیری از فناوری نانو، انقلابی در شیوه های کشاورزی ایجاد کرده است؛ رویکردی که به کشاورزان کمک می کند با مصرف کمتر کود و کاهش ضایعات، کیفیت محصول خود را به طور چشمگیری ارتقا دهند. استارتاپ «اسمارت» (Smart Aerosol Technologies – SmArT) که به تازگی در رقابت بزرگ eMerge Americas 2025 موفق به کسب جایزه بزرگ ۱۲۵ هزار دلاری شده است، این فناوری را بر پایه نانوذرات مهندسی شده عرضه کرده است که از طریق روش های آنروسل (پخش در هوا) به صورت دقیق و هدفمند به گیاهان کود می رسانند.

شروتی چوداری یکی از بنیان گذاران این استارتاپ، در خانواده ای بزرگ شده که دو نسل متفاوت با دو نقش کاملاً متمایز کشاورز و صاحب کسب و کار را تجربه کرده اند. چوداری می گوید: «وقتی وارد دوره دکتری شدم، رشته ام هیچ ارتباط مستقیمی با فناوری نانو نداشت؛ اما با داشتن پیشینه کشاورزی خانوادگی و علاقه ام به تأثیرگذاری روی اکوسیستم و سلامت، این فرصت را یافتم تا با همکاری دکتر پرتیم بیسواس، دکانی مهندسی دانشگاه، پروژه ای نوآورانه شکل دهیم.»

دکتر بیسواس که سال ها در زمینه فناوری نانو و آلودگی هوا فعالیت داشته، پیش از این استارتاپ موفق به نام Applied Particle Technology را در دانشگاه واشنگتن راه اندازی کرده بود که با فناوری های پیشرفته کیفیت هوا را در صنایع مختلف پایش می کرد. علاقه او به کشاورزی و بهبود شرایط محیطی کشاورزان، مسیر پژوهشی اش را به سمت توسعه فناوری های نوین برای کشاورزی هوشمند هدایت

همکاری برزیل و پرتغال برای آینده سلامت؛ امضای تفاهم نامه‌ای نوآورانه در نانو

بیانیه مشترک این نشست، بر توسعه همکاری های علمی، فناوری و نوآوری با تمرکز بر علوم نانو و فناوری نانو تأکید شده بود.

در فیوکروز، هدایت این همکاری بر عهده برنامه تحقیقاتی فناوری نانووی انتقالی (Fio-Nano) است که با مدیریت پژوهشگران فابیو روچا فرمیتگا (Fiocruz Pernambuco) و کارلوس ادواردو کالزاورا سیلوا (Fiocruz Minas) انجام می شود. در سوی دیگر، آزمایشگاه INL با رهبری لورنزو پاسترانا، رئیس گروه پردازش غذا و معاون مدیرکل آدو جوریو، هماهنگی پروژه ها را بر عهده دارند.

در ماه مارس، جلسه ای میان اعضای دو نهاد برگزار شد که طی آن تخصص ها، زیرساخت ها و ظرفیت های موجود در حوزه فناوری نانو مورد بحث قرار گرفت. در ادامه، پژوهشگر فابیو فرمیتگا در ۲۴ آوریل از امکانات INL بازدید فنی به عمل آورد و جلسات مقدماتی را برگزار کرد. در این بازدید، بر تداوم جلسات کاری، اولویت بندی پروژه ها، آموزش نیروی انسانی و شناسایی منابع مالی برای پروژه های مشترک تأکید شد.

فیوکروز با امضای تفاهم نامه ای پنج ساله با آزمایشگاه بین المللی نانوفناوری ایبری (INL)، فصل جدیدی از همکاری های بین المللی در حوزه فناوری نانو را رقم زد.

در جریان مأموریت رسمی به پرتغال، مؤسسه فیوکروز (Fiocruz) در تاریخ چهارم اردیبهشت ماه (۲۳ آوریل) تفاهم نامه ای را با آزمایشگاه بین المللی نانوفناوری ایبری (International Iberian Nanotech-nology Laboratory - INL) امضا کرد. این تفاهم نامه که در محل اقامت سفیر برزیل در لیسبون و با حضور رایموندو کاریریو (Raimundo Carreiro) امضا شد، زمینه ساز همکاری راهبردی میان دو نهاد علمی در حوزه تحقیقات، توسعه فناوری، تولید و آموزش در زمینه فناوری نانو و کاربردهای آن در زیست فناوری و سلامت خواهد بود.

این تفاهم نامه به مدت پنج سال به امضا رسید و توسط ماریو موریرا (Mario Moreira)، رئیس فیوکروز و آدو جوریو واسکونسوس (Ado Jório Vasconcelos)، معاون مدیرکل INL، امضا شد.

این همکاری بخشی از توافقات مطرح شده در چهاردهمین نشست عالی برزیل و پرتغال است که در فوریه ۲۰۲۵ در برازیلیا برگزار شد. در

منبع www.fiocruz.br

فناوری نانو و جنگ آرامش بخش با جلبک ها در قلب کانادا

جلبک ها (Cyanobacteria) جلوگیری کند. این پروژه که نخستین نمونه از کاربرد فناوری نانوحباب در ایالت منیتوبا است، با مشارکت انجمن مردمی دریاچه کیلارنی و شرکت «اس دبلیو ای تی واتر تکنولوژی» (SWAT Water Technology) از شهر کلگری اجرا شده و قرار است طی شش ماه، کارآمدی این فناوری در بهبود کیفیت آب مورد ارزیابی قرار گیرد.

بتی ساواتزکی، رئیس کمیته اقدام برای نجات دریاچه کیلارنی، می گوید: «ما سال ها از دستگاه های هوا ده، مواد شیمیایی و سایر روش ها استفاده کردیم، اما هیچ کدام نتوانست به طور پایدار مانع از رشد جلبک های سمی شود. حالا نانوحباب ها وارد عمل شده اند.» به گفته ساواتزکی، «این حباب های میکروسکوپی در عمق، سطح و میان آب پخش می شوند و قادرند منبع تغذیه جلبک ها را از بین ببرند. اگر منبع غذا از بین برود، جلبک هم ناپدید می شود.»

در گذشته، استفاده از سامانه های هوا دهی از سال ۲۰۱۷ تا حدودی مفید واقع شد و از بسته شدن ساحل یا مرگ و میر ماهی ها جلوگیری کرد، اما هنوز هم شکوفایی های جلبکی سالانه بازمی گردند و گردشگری منطقه را تحت تأثیر قرار می دهند.



فناوری نانوحباب که با تولید حباب هایی میکروسکوپی از اکسیژن، موجب بهبود کیفیت آب می شود، در یک پروژه آزمایشی برای نخستین بار در استان منیتوبا به کار گرفته شده است تا از رشد جلبک های مهاجم و سمی در دریاچه کیلارنی جلوگیری کند. این فناوری نوین، سازگار با محیط زیست و علمی، امید تازه ای برای نجات گردشگری و حیات وحش این منطقه به شمار می رود. پس از سال ها تلاش ناموفق برای مهار رشد جلبک های مهاجم در دریاچه کیلارنی واقع در جنوب غربی استان منیتوبای کانادا، اکنون راهکاری نوین و مبتنی بر فناوری نانو وارد میدان شده است. فناوری نانوحباب (Nanobubble) که در سال های اخیر توجه بسیاری از متخصصان محیط زیست را به خود جلب کرده، در قالب یک پروژه آزمایشی در بخشی از این دریاچه نصب شده تا از شکوفایی سمی

منبع www.cbc.ca

سرمایه‌گذاری یک استارت‌آپ برای تبدیل ضایعات باتری به گرافن

مشارکت نهادهای سرمایه‌گذاری مخاطره‌پذیر «کیتو ونچرز» (Kiito Ventures)، «توسی ونچرز» (2C Ventures)، سازمان توسعه اقتصادی استونی (Enterprise Estonia) و مرکز سرمایه‌گذاری محیط‌زیستی (KIK) به همراه سرمایه‌گذاران فرشته از جمله آندروس پورده و پریت ویرو انجام شده است.

تمرکز اصلی این شرکت، بازیابی مواد خام حیاتی از باتری‌های پایان عمر و تبدیل پسماند گرافیتی به موادی مشابه گرافن است؛ فرایندی که نه تنها به بازیافت پایدار کمک می‌کند بلکه پتانسیل قابل توجهی برای صنایع پیشرفته نیز به همراه دارد.

مدیرعامل ژاله، ارکی آنی (Erki Ani) با تأکید بر رشد نیاز جهانی به ذخیره‌سازی انرژی گفت: «درحالی که جهان به سمت الکتریکی شدن گام برمی‌دارد، پرسش جدی آن است که باتری‌ها پس از پایان عمر خود چه سرنوشتی دارند؟ ما با ژاله چند قدم جلوتر فکر می‌کنیم تا آماده موج عظیم باتری‌های مستعمل باشیم. با دسترسی به بازده بالا در بازیافت و تولید مواد پیشرفته، به حل بحران مواد خام حیاتی در اروپا کمک می‌کنیم.»

منبع www.arcticstartup.com



استارت‌آپ ژاله تکنولوژی‌ز در استونی با جذب ۲ میلیون یورو سرمایه اولیه، می‌خواهد فناوری بازیافت باتری‌های لیتیومیون و تولید مواد گرافنی را در مقیاس صنعتی توسعه دهد. این پروژه، هم‌زمان یک راه‌حل محیط‌زیستی برای مدیریت ضایعات الکترونیکی و گامی به سوی تأمین مواد خام حیاتی برای اروپا به شمار می‌رود.

شرکت نوآور ژاله تکنولوژی‌ز (Jälle Technologies) مستقر در استونی، موفق به جذب ۲ میلیون یورو سرمایه پیش‌بذری (Pre-seed) شد تا فناوری بازیافت باتری‌های لیتیومیون و فرایندهای ارتقای مواد (Upcycling) خود را توسعه دهد. این سرمایه‌گذاری با

گرافن صنعت پلاستیک‌ها را متحول می‌کند: افزایش استحکام و کاهش مصرف مواد

و ممکن است بر فرایندپذیری یا خواص مواد تأثیر منفی بگذارد، گرافن فراکتالی هیدروگراف در مقادیر بسیار کم (تا ۱۰ تا ۱۰۰ برابر کمتر از گرافن‌های صفحه‌ای معمولی) نیز عملکرد مکانیکی و الکتریکی قابل توجهی ارائه می‌دهد. این به معنای مصرف کمتر مواد اولیه، کاهش هزینه‌ها و اثرات محیط‌زیستی کمتر است.

در این طرح، شرکای ترکیب‌کننده باید فرایند تأییدیه خاصی را طی کنند تا اطمینان حاصل شود که استانداردهای عملکرد، کیفیت و یکنواختی تعریف شده توسط آزمایشگاه فنی هیدروگراف را رعایت می‌کنند. در مقابل، این شرکت‌ها از پشتیبانی فنی، انتقال دانش و معرفی به مشتریان تجاری بهره‌مند خواهند شد.

گرافن فراکتالی هیدروگراف با خلوص ۹۹٫۸ درصد کربن، ساختاری چندشاخه و خاص دارد که موجب افزایش عملکرد در مقادیر بسیار کم می‌شود. این ماده از طریق فرایند پتنت شده «انفجار کنترل شده» تولید می‌شود؛ فرایندی که مصرف انرژی و اثرات کربنی بسیار کمتری نسبت به روش‌های سنتی تولید گرافن دارد.

منبع www.plasticstoday.com

شرکت هیدروگراف برنامه‌ای برای همکاری با شرکت‌های حوزه پلاستیک راه‌اندازی کرده تا گرافن فراکتالی خود را به صورت گسترده در پلاستیک‌های تقویت‌شده به کار بگیرد. این برنامه با هدف افزایش استحکام و رسانایی مواد، آن‌هم با مقدار بسیار کم گرافن، به دنبال تولید ترکیبات سبک‌تر، قوی‌تر و دوستدار محیط‌زیست برای کاربردهایی چون خودرو، بسته‌بندی و ساختمان است.

شرکت HydroGraph Clean Power Inc، یکی از تولیدکنندگان پیشرو گرافن، برنامه‌ای نوین با عنوان «برنامه همکاری با ترکیب‌کنندگان (Compounders)» راه‌اندازی کرده است. این طرح، به منظور گسترش استفاده از گرافن فراکتالی با عملکرد بالا در کاربردهای ترموپلاستیک (پلاستیک‌های گرم‌انرم) طراحی شده است.

در این برنامه، شبکه‌ای از شرکت‌های ترکیب‌کننده پلاستیک که تجربه و تخصص اثبات‌شده‌ای در کار با مواد تقویت‌شده با گرافن دارند، وارد همکاری با هیدروگراف می‌شوند. برخی از شرکای اولیه این برنامه هم‌اکنون در حال آزمایش فرمولاسیون‌های جدید برای کاربرد در صنایع خودروسازی و بسته‌بندی هستند.

برخلاف شکل‌های رایج گرافن که نیازمند بارگذاری بالایی هستند

اروپا با طرحی بلندپروازانه، انقلاب کوانتومی خود را کلید می زند

نوبین و حفاظت از زیرساخت های حیاتی امکان پذیر می شود، همچنین در حوزه دفاع و امنیت، حوزه هایی مانند ارتباطات امن و احساس گر تجهیزات میدانی پیش بینی شده است.»

با استفاده از قوانین مکانیک کوانتومی، این فناوری ها می توانند مسائلی فراتر از توان محاسبات کلاسیک را حل کنند، حسگری دقیق تر ارائه دهند و لایه ای اضافه از امنیت برای داده های حساس فراهم آورند. لازم به ذکر است که رایانه های کوانتومی همچنین تهدیدی برای بسیاری از سیستم های امنیتی فعلی هستند و تفاوت میان آن ها و فناوری رمزنگاری متداول به روشنی قابل لمس است.

به گفته کمیسیون، اروپا در حوزه مقالات علمی کوانتوم عملکردی پیشتر دارد و زیست بوم استارت آپی پهنای شکل گرفته، اما در ثبت پتنت و استفاده واقعی از ظرفیت بازار کمی عقب است. طی پنج سال گذشته، اتحادیه اروپا نزدیک به ۲ میلیارد یورو در این فناوری سرمایه گذاری کرده و ۹ میلیارد یورو از دولت های عضو جذب شده، اما این زیست بوم هنوز شکننده است. یکی از دلایل این وضعیت، عدم هماهنگی در حمایت میان کشورهای عضو و کمبود سرمایه گذاری خصوصی است.

منبع www.sciencebusiness.net

اتحادیه اروپا تصمیم گرفته با طرح جدید خود در حوزه فناوری کوانتومی، جایگاه پژوهشی خود را به قدرت اقتصادی ارتقا دهد. این برنامه، شامل پژوهش پایه، سرمایه گذاری در زیرساخت ها و تولید تراشه های کوانتومی است تا اروپا در رقابت جهانی قدرتمند ظاهر شود. اجرای سریع و جذب سرمایه گذاری خصوصی، محور اصلی تحقق این هدف است.

اتحادیه اروپا برنامه ای موسوم به «ابتکار پژوهش و نوآوری کوانتوم اروپا»، را رونمایی کرد تا شکاف خود را در مقایسه با آمریکا در حوزه فناوری های کوانتومی کاهش دهد. این طرح شامل تقویت پژوهش پایه، صنعتی سازی، کاربردهای امنیتی و تولید تراشه های کم هزینه کوانتومی است؛ هدف، تبدیل دستاوردهای پژوهشی به رهبری اقتصادی است.

۲ ژوئیه ۲۰۲۵، هئا ویرکونین، معاون اجرایی کمیسیون اروپا در حوزه فناوری و خودکفایی، طرح راهبردی جدید اتحادیه اروپا برای فناوری کوانتومی را ارائه کرد. هدف اصلی این طرح، پیوند میان کشورهای عضو جهت ایجاد دیدگاهی مشترک در زمینه پژوهش و نوآوری کوانتومی است تا موقعیت علمی اروپا به رهبری اقتصادی بدل شود. وی تأکید کرد: «فناوری های کوانتومی ساختار اقتصاد ما را دگرگون خواهند کرد؛ این فناوری با حل معضلات پیچیده، تولید داروهای

افزایش سهم بازار آمریکای جنوبی باتکیه بر فناوری نانو ترموپلاست

خدمات دانش فنی و آموزش به ورسارین پرداخت خواهد کرد. پس از آغاز تولید محصولات مبتنی بر این فناوری، ۲۵ هزار پوند دیگر نیز به ورسارین تعلق خواهد گرفت. افزون بر این، سهمی معادل ۵۵ درصد از کل درآمد فروش محصولات مرتبط با فناوری ورسارین نیز به عنوان حق امتیاز پرداخت می شود؛ این رقم البته مشمول حداقل مبلغ سالانه ۱۰ هزار پوند خواهد بود.

این پرداخت ها جدا از مبالغی هستند که در توافق نامه های پیشین میان دو شرکت در تاریخ های ۱۴ مارس ۲۰۲۴ و ۱۰ مارس ۲۰۲۵ پیش بینی شده بود.

دکتر استیون هاج (Dr. Stephen Hodge)، مدیر عامل ورسارین، با ابراز خرسندی از گسترش این همکاری اظهار داشت: «از تعمیق همکاری با شرکت مونتانا که یکی از بازیگران پیشرو در بازار آمریکای جنوبی است، بسیار خرسندیم. طی این مدت روابط نزدیکی با این مجموعه شکل گرفته و اطمینان داریم که با بهره گیری از فناوری Polygrene™، شاهد عرضه محصولات نوآورانه و ارزش آفرین در بازار خواهیم بود.»

منبع www.directorstalkinterviews.com

شرکت بریتانیایی Versarien همکاری خود را با شرکت مونتانا در آمریکای جنوبی برای تولید محصولات گرافنی Polygrene™ تمدید کرده است. این همکاری شامل انتقال دانش فنی، آموزش و دریافت حق امتیاز فروش است. این اقدام می تواند به گسترش کاربرد فناوری نانو در صنعت ترموپلاستیک های پیشرفته در آمریکای جنوبی بینجامد.

شرکت Versarien، فعال در حوزه مواد مهندسی پیشرفته، اعلام کرد که قرارداد فعلی خود در زمینه صدور مجوز ساخت و ارائه دانش فنی و پشتیبانی فنی را با شرکت Montana Quimica LTDA تمدید کرده است. این همکاری نخستین بار در تاریخ ۱۴ مارس ۲۰۲۴ آغاز شد و اکنون با افزودن بندهای جدیدی وارد مرحله ای تازه شده است.

براساس مفاد این قرارداد، مونتانا اجازه خواهد داشت از ترکیبات ترموپلاست و مسترچ های گرافنی اختصاصی ورسارین با برند Polygrene™ برای تولید محصولاتی در بازار آمریکای جنوبی استفاده کند. همچنین ورسارین متعهد شده است که خدمات آموزشی، پشتیبانی فنی و انتقال دانش بیشتری در اختیار مونتانا قرار دهد.

مطابق این توافق، شرکت مونتانا در ابتدا مبلغ ۲۵ هزار پوند بابت

فناوری نانوبدون کاتالیست، راهگشای تولید هیدروژن پاک در آسیا



دو شرکت از بریتانیا و آسیا برای توسعه گرافن و تولید هیدروژن پاک با یکدیگر وارد همکاری شدند. این همکاری با یک فناوری پیشرفته، متان را به گرافن و سوخت پاک تبدیل می‌کند. اگر این روش با انرژی تجدیدپذیر تغذیه شود، حتی می‌تواند به کاهش آلودگی کمک کند.

شرکت بریتانیایی لیویدین (Levidian) با شرکت تحقیق و توسعه‌ای پلنارتک (planarTECH) وارد همکاری راهبردی شد تا زمینه‌ساز شتاب‌گیری پذیرش گرافن و توسعه تولید هیدروژن پاک در کشورهای آسیایی باشد. قرار است فناوری انحصاری لیویدین موسوم به LOOP در رویداد نانوکوره ۲۰۲۵ معرفی شود.

شرکت لیویدین، یکی از فعالان پیشرو در حوزه فناوری‌های

کربن‌زدایی، از آغاز همکاری جدیدی با شرکت پلنارتک خبر داد. هدف از این مشارکت، تسریع در پذیرش گرافن و توسعه کاربردهای آن در بازار در حال رشد آسیا عنوان شده است.

تیم پلنارتک در حال حاضر دارای زیرساخت‌های تولیدی فعال و شبکه‌ای گسترده از مشتریان و شرکای علمی در سطح منطقه است. این شرکت قرار است فناوری انحصاری لیویدین با نام LOOP را به بازار آسیا معرفی کند. نخستین گام رسمی این معرفی در سمینار «مواد دوبعدی» از مجموعه رویدادهای Nano Korea 2025 خواهد بود که در شهر ایلسان، کره جنوبی برگزار می‌شود.

ایان هاپکینز؛ مدیر ارشد تجاری شرکت لیویدین در توضیح این همکاری گفت: «از آغاز همکاری با پلنارتک هیجان‌زده‌ایم. این شرکت به خوبی در موقعیتی قرار دارد که می‌تواند از رشد سریع بازار گرافن در آسیا حمایت کند. تجربه حراجی اخیر ما نیز نشان داد که تقاضا برای گرافن باکیفیت بالا و پشتیبانی تخصصی از سوی مشتریان به سرعت در حال افزایش است. با این شراکت جدید، می‌توانیم به خوبی پاسخگوی این نیاز باشیم.»

www.levidian.com

منبع

استخراج لیتیوم از آب شور با فناوری نانوممکن شد

شرکت کانادایی «لیتوس» موفق شد واحد آزمایشی فناوری نانویی خود را برای استخراج مستقیم لیتیوم از آب‌های شور به صورت میدانی راه‌اندازی کند. این سامانه می‌تواند با بازدهی بالا و تأثیر محیط‌زیستی پایین، لیتیوم بسیار خالص تولید کند و انقلابی در تأمین مواد باتری ایجاد نماید.

شرکت «لیتوس» (Litus)، فعال در حوزه مواد معدنی مورد استفاده در باتری، از آغاز عملیات میدانی واحد پایلوت استخراج لیتیوم با فناوری انحصاری خود خبر داد. این رویداد نقطه عطفی در مسیر تجاری‌سازی راه حل یک مرحله‌ای و زیست سازگار Litus LiNC به شمار می‌رود که بر پایه فناوری نانو طراحی شده است.

پس از ۲۰ ماه آزمایش و اعتبارسنجی در تأسیسات تولید نانومواد شرکت در شهر کلگری، اکنون سامانه پایلوت در میدان نصب و راه‌اندازی شده است. این تأسیسات با ظرفیت تولید روزانه‌ای معادل ۵۰۰ برابر مقیاس آزمایشگاهی، زمینه لازم برای عبور از فاز تحقیقاتی به مقیاس صنعتی را فراهم کرده‌اند.

دکتر غاده نافی (Ghada Nafie)، مدیرعامل و هم‌بنیان‌گذار لیتوس می‌گوید: «ما به فناوری خود و توانایی منحصر به فردمان برای استخراج

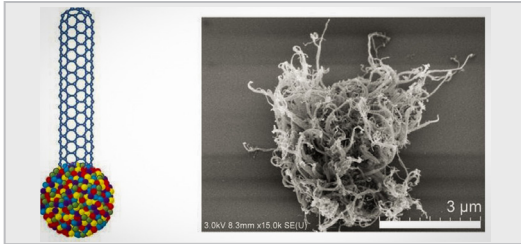
مؤثر لیتیوم اطمینان داریم. اجرای پایلوت، گامی مهم در مسیر تجاری‌سازی است. با هر موفقیت در مقیاس‌سازی، یک قدم به تحقق رؤیای خود برای تحول در استخراج لیتیوم نزدیک‌تر می‌شویم.»

نخستین جرقه‌های این فناوری نزدیک به یک دهه پیش، در دانشگاه کلگری زده شد؛ زمانی که دکتر نافی به همراه همکارانش پدرو پریرا-آلماو و خاردو ویتاله، در حال توسعه راه‌حلی نوین برای استخراج پایدار لیتیوم بودند؛ در دورانی که قیمت لیتیوم هنوز جهش نکرده بود و جهان تنها در آغاز مسیر گذار به انرژی پاک قرار داشت. شرکت لیتوس در سال ۲۰۱۹ تأسیس و در سال ۲۰۲۱ راه‌اندازی شد، با هدف توسعه یک فناوری ساده، مؤثر و کم‌هزینه که بتواند لیتیوم را به صورت انتخابی و مستقیم از شوره‌ها استخراج کرده، منابع آبی را حفظ کند و کم‌ترین آسیب محیط‌زیستی را بر جای گذارد. نتیجه این تلاش‌ها، سامانه اختصاصی Litus LiNC بود؛ راه‌حلی که اکنون با موفقیت از آزمایشگاه وارد میدان شده است.

www.globenewswire.com

منبع

ارائه کاتالیستی برای سنتز نانولوله کربنی که از آهن و کبالت بهتر عمل می کند



آن ها خواص قابل توجهی مانند استحکام استثنایی و هدایت حرارتی و الکتریکی بالا را از خود نشان می دهند. بنابراین، توسعه کاتالیزورهای کارآمد برای پاسخگویی به تقاضای روبه رشد برای سنتز SWCNT ضروری است. این گروه تحقیقاتی، پیش از این از کاتالیزورهای ساخته شده از فلزات منفرد مانند ایریدیوم، پلاتین و رودیوم، برای تولید نانولوله های کربنی تک جداره استفاده کرده اند. آن ها با استفاده از نانوذرات HEA ساخته شده از پنج فلز گروه پلاتین (5 PGM)، یعنی رودیوم، روییدیم، پالادیوم، ایریدیوم و پلاتین، نانولوله های کربنی تولید کردند.

www.azonano.com منبع

محققان نشان دادند که نوع کاتالیست آلیاژی می تواند با کارایی بالا نانولوله های کربنی تک جداره تولید کند که نسبت به آهن و کبالت، محصول بهتری ایجاد می کند.

خواص استثنایی آلیاژهای آنتروپی بالا (HEAs)، از جمله استحکام و سختی بالا و همچنین پایداری حرارتی و شیمیایی بالا، موجب شده تا توجه خاصی به این ترکیبات صورت گیرد.

برخلاف آلیاژهای معمولی که اغلب حاوی مقادیر کمی از یک یا دو فلز اضافی هستند، آلیاژهای آنتروپی بالا معمولاً ترکیبی از پنج یا چند فلز در نسبت اتمی برابر هستند. این ترکیب متمایز باعث ایجاد ساختارهای پیچیده ای می شود که دارای مکان های فعال متنوعی هستند که منجر به واکنش های کاتالیزوری می شوند. در نتیجه، به دلیل پتانسیل کاتالیزوری، نانوذرات آلیاژهای آنتروپی بالا در سال های اخیر توجه بسیاری را به خود جلب کرده اند.

با وجود این پتانسیل، نانوذرات آلیاژهای آنتروپی بالا هرگز به عنوان کاتالیزور برای رشد نانولوله های کربنی تک جداره (SWCNT) استفاده نشده اند. این نوع نانولوله ها، در کاربردهای مختلفی مانند قطعات باتری و حسگرهای زیستی برای مصارف پزشکی و کشاورزی ارزشمند هستند.

پایان مزاحمت ماهواره ها برای اخترشناسان/ پوشش نانویی ماهواره ها را در آسمان نامرئی می کند

و حمل و نقل است. «کیران کلیفورد» (Keiran Clifford)، متخصص مواد در شرکت Surrey NanoSystems (شرکت منشعب از دانشگاه سری) می گوید: «پوشش های قبلی ساختاری بسیار حساس داشتند و حتی لمس آن ها باعث فروپاشی می شد. ما به پوششی نیاز داشتیم که مهندسان بتوانند در تأسیسات خود به راحتی با آن کار کنند.»

نخستین آزمون واقعی این پوشش قرار است روی ماهواره دانشجویی «Jovian 1» انجام شود؛ ماهواره ای که با همکاری دانشگاه های بریتانیا طراحی شده و قرار است سال آینده به مدار زمین پرتاب شود. بخشی از پیل خورشیدی این ماهواره با پوشش Vantablack 310 پوشانده خواهد شد و در طول چرخش ماهواره، میزان بازتاب نور از زمین اندازه گیری می شود.

بررسی ها نشان داده اند که این پوشش شدت درخشش ماهواره را به حدود قدر ۷ کاهش می دهد؛ به طوری که برای چشم انسان تقریباً نامرئی است. در حالی که ماهواره های استارلینک معمولاً بین قدر ۳ تا ۵ قرار دارند و به راحتی دیده می شوند. در سیستم اندازه گیری نجومی، هرچه عدد قدر بیشتر باشد، جسم کم نورتر است؛ بنابراین عدد ۷ نشان دهنده نوری بسیار ضعیف و غیرقابل مشاهده برای چشم غیرمسلح است.

www.theboar.org منبع

با افزایش شمار ماهواره های مدار زمین، آلودگی نوری به تهدیدی جدی برای نجوم تبدیل شده است. اکنون پوشش نوینی با استفاده از نانولوله های کربنی در دانشگاه سری (University of Surrey) طراحی شده است که می تواند ماهواره ها را تقریباً نامرئی سازد و مسیر را برای تولید انبوه آن ها هموار کند.

راهکارهای پیشین برای کاهش بازتاب های مزاحم، شامل استفاده از پوشش های تیره بر روی ماهواره ها بود، اما این روش ها با چالش هایی چون شکنندگی پوشش ها، دشواری در فرایند پوشش دهی و خطر داغ شدن بیش از حد مواجه بودند. حال، پژوهشگران دانشگاه سری در بریتانیا پوششی به نام Vantablack 310 طراحی کرده اند که می تواند نقطه عطفی در حل این معضل باشد.

این پوشش جدید از ترکیبی نوآورانه از نانولوله های کربنی و چسب های ویژه ساخته شده است و می تواند در برابر تشعشع، اکسیژن اتمی و دماهای شدید در فضا مقاومت کند. افزون بر این، Vantablack 310 حتی پس از شبیه سازی سه سال حضور در مدار، خاصیت تیرگی خود را حفظ کرده و نسبت به پوشش های رقیب عملکرد نوری بهتری نشان داده است.

مزیت چشمگیر این پوشش در امکان استفاده ساده آن است؛ برخلاف نمونه های پیشین، این ماده می تواند در محیط های تمیز مانند رنگ معمولی اعمال شود و در فرایند ساخت نیز به راحتی قابل لمس

تولید نانوداروها با قالب یخ؛ پاک، دقیق و پربازده

فرایند ساخت شامل سه مرحله کلیدی است: نخست، محلولی شامل ترکیب دارویی آب گریز (مانند کورکومین یا پاکلیتاکسل) و حلالی فزّار (نظیر اتانول یا تتراهایدروفوران) روی قالب یخ اعمال می‌شود. سپس با تبخیر یا دمش گاز بی‌اثر (مانند نیتروژن یا آرگون)، حلال حذف شده و نانوذرات در شبکه یخی تشکیل می‌شوند. در نهایت با ذوب قالب یخی، نانوذرات آزاد شده و آماده کاربرد می‌شوند.

یخ بدون ناخالصی که معمولاً از آب فوق خالص تهیه می‌شود، در نقش قالبی کاملاً بی‌ضرر و پاک عمل کرده و امکان کنترل دقیق بر اندازه و پراکندگی نانوذرات را فراهم می‌کند. در نتیجه، نانوذرات تولیدشده نه تنها اندازه‌ای یکنواخت (اغلب کمتر از ۱۰۰ نانومتر) دارند، بلکه در آب به خوبی پخش می‌شوند و نسبت به فرم آزاد داروها، جذب سلولی و کارایی درمانی بهتری از خود نشان می‌دهند. آزمایش‌های زیستی نشان داده‌اند که نانوذرات تولیدشده با این روش (برای مثال نانوذرات کورکومین) اثر سمی بیشتری بر سلول‌های سرطانی نسبت به خود ماده آزاد داشته و از جذب بهینه‌تری توسط سلول‌ها برخوردارند. افزون‌بر این، تولید این نانوذرات قابل گسترش به مقیاس صنعتی بوده و نسبت به روش‌های مرسوم، بازدهی بیشتری دارد.

منبع www.cityu.edu.hk

یک فناوری نوآورانه با بهره‌گیری از قالب یخ به عنوان بستر تولید نانوذرات، توانسته چالش‌های دیرینه صنعت نانوپزشکی را پشت سر بگذارد. این روش جدید، بدون استفاده از حلال‌های سمی یا قالب‌های آلوده، نانوذراتی با اندازه‌ای یکنواخت، سازگار با محیط زیست و دارای کارایی بالای درمانی تولید می‌کند.

تولید نانوذرات برای کاربردهای دارویی، به‌ویژه در دارورسانی ترکیبات آب‌گریز، همواره با چالش‌هایی جدی مواجه بوده است؛ از جمله بهره‌وری پایین، تکرارناپذیری فرایند در مقیاس صنعتی و خطر آلودگی به مواد سمی. روش‌های رایج همچون تبادل حلال (Solvent-exchange) معمولاً با نوسان زیاد بین دسته‌های تولیدی، نرخ پایین بازدهی و اندازه‌های بزرگ‌تر از حد مطلوب همراه هستند. از سوی دیگر، گرچه استفاده از قالب‌های آلومینیومی (مانند سامانه آندایز آلومینیوم یا AAO) می‌تواند یکنواختی تولید را بهبود دهد، اما با خطر باقی ماندن ذرات آلومینیوم، برای کاربردهای دارویی مناسب نیست.

اکنون یک اختراع ثبت شده جدید، با تکیه بر روشی کاملاً متفاوت و سازگار با محیط زیست، گام بلندی در مسیر حل این معضلات برداشته است. این فناوری از قالب یخی به عنوان بستری موقتی برای تشکیل نانوذرات استفاده می‌کند؛ راهکاری ساده و پاک که فاقد هرگونه باقی‌مانده سمی یا ناخالصی فلزی است.

امکان استفاده از نانوحباب برای مهار گازهای گلخانه‌ای

دارند و به دلیل ویژگی‌های طبیعی خود، به یکی از امیدبخش‌ترین گزینه‌ها برای ذخیره‌سازی پایدار CO_2 تبدیل شده‌اند.

در عمق بیش از ۸۰۰ متری زمین، دی‌اکسیدکربن وارد حالت فوق بحرانی می‌شود؛ حالتی که در آن نه کاملاً گاز است و نه مایع، بلکه ساختاری متراکم و فشرده دارد. این ویژگی به CO_2 اجازه می‌دهد تا به راحتی در حفرات سنگ نفوذ کند و از طریق چندین سازوکار، در دل زمین محبوس شود؛ از جمله حل شدن در آب شور (گیراندازی محلول)، واکنش شیمیایی با سنگ‌ها و تبدیل به مواد معدنی جامد (معدنی شدن)، گیر افتادن در منافذ به دلیل نیروهای موئینگی یا تجمع در زیر لایه‌های نفوذناپذیر زمین. در این میان، آنچه پژوهشگران سعودی پیشنهاد کرده‌اند، بهره‌گیری از نانوحباب‌های دی‌اکسیدکربن برای افزایش بازده این فرایند است. نانوحباب‌ها حباب‌هایی گازی با قطری کمتر از یک میکرون هستند که برخلاف حباب‌های معمولی، به دلیل شناوری بسیار پایین و حرکت براونی، به سطح نمی‌آیند و به سرعت از بین نمی‌روند. این ذرات می‌توانند مدت زیادی در مایع باقی بمانند و به‌طور یکنواخت در ساختار متخلخل سنگ نفوذ کنند.

منبع www.globalenergyprize.org

دانشمندان پیشنهاد کرده‌اند برای کاهش گازهای گلخانه‌ای، دی‌اکسیدکربن را با استفاده از حباب‌های بسیار ریز (نانوحباب) به لایه‌های عمیق و شور زمین تزریق کنیم. این روش می‌تواند بدون آسیب به طبیعت، گازهای مضر را در دل زمین حبس کند و هزینه‌ها را نیز کاهش دهد. البته این فناوری هنوز در مراحل آزمایشگاهی است و به همکاری جهانی نیاز دارد.

پژوهشگران شیوه‌ای نوآورانه برای ذخیره‌سازی زیرزمینی دی‌اکسیدکربن (CO_2) ارائه داده‌اند که از نانوحباب‌ها به عنوان ابزار افزایش راندمان استفاده می‌کند. این فناوری، چشم‌انداز تازه‌ای در مسیر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و مقابله با تغییرات اقلیمی ترسیم می‌کند.

در تلاش برای یافتن راهکاری مؤثر در کاهش گازهای گلخانه‌ای، گروهی از پژوهشگران سعودی از دانشگاه نفت و معادن ملک فهد (King Fahd University of Petroleum and Minerals) پیشنهاد تازه‌ای ارائه کرده‌اند: استفاده از نانوحباب‌ها برای ذخیره‌سازی دی‌اکسیدکربن در اعماق زمین. این روش بر پایه تزریق دی‌اکسیدکربن به درون سفره‌های آب شور (Aquifers) است؛ لایه‌هایی از سنگ متخلخل در اعماق زمین که حاوی آب شور هستند و به دلیل شوری بالا، برای آشامیدن یا کشاورزی مناسب نیستند. این سفره‌ها به‌طور گسترده در سراسر جهان وجود

تولد نخستین پیوند سه گانه لانتانید-کربن در قفس فولرن

دانشمندان موفق به ساخت و تثبیت نخستین پیوند سه گانه بین یک عنصر لانتانید و اتم کربن شده اند؛ پیوندی میان سریم (Ce) و کربن که درون قفس مولکولی فولرن C_{80} محصور شده است. این دستاورد مرزهای شیمی عناصر را جابه جا می کند و امکان مطالعه پیوندهای کووالانسی نادر را فراهم می سازد.

در این پروژه برای نخستین بار در تاریخ شیمی لانتانیدها، یک پیوند کووالانسی سه گانه بین اتم سریم و کربن سنتز و به طور تجربی شناسایی شد. این پیوند در درون قفس کروی شکل یک مولکول فولرن (C_{80}) تثبیت شده است؛ ساختاری که نقش «محفظه نانومقیاس» را بازی می کند و از فروپاشی پیوند در شرایط عادی جلوگیری می نماید. این دستاورد، گامی بزرگ در مسیر غلبه بر محدودیت های شناخته شده شیمی لانتانیدهاست. درحالی که این عناصر به ویژه در حالت های یونیده شده تمایل بیشتری به پیوندهای یونی دارند، تشکیل پیوندهای چندگانه کووالانسی به ویژه از نوع سه گانه به دلیل شعاع بزرگ و هم پوشانی مداری ضعیف عناصر f-بلوک همواره دشوار و حتی غیرممکن تلقی می شده است.

باین حال، عنصر سریم به دلیل آن که از معدود لانتانیدهایی است که می تواند به حالت اکسایش چهار ظرفیتی برسد، در این پژوهش به عنوان گزینه ای ویژه انتخاب شد. این ویژگی موجب می شود تا سریم ظرفیت بهتری برای برقراری پیوندهای کووالانسی قوی تر با کربن داشته باشد؛ عاملی که برای تشکیل پیوند کوتاه و مستحکم سه گانه ضروری است.

■ مسیر سنتز: از گرافیت تا مولکول خالص

پژوهشگران برای ساخت این ترکیب، از تخلیه قوس الکتریکی در حضور میله های گرافیتی حاوی فلزات در اتمسفر هلیوم استفاده کردند. این فرایند منجر به تولید دوده کربنی حاوی متالوفولرن های گوناگون شد. پس از استخراج ترکیبات، ساختار C_{80} با استفاده از روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) جدا شد.

سپس ساختار مولکولی این ترکیب با استفاده از پراش پرتو ایکس تک بلوری (Single-crystal XRD) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج، طول پیوند سریم-کربن را ۱٫۸۹ آنگستروم نشان داد؛ فاصله ای بسیار کوتاه که با ویژگی های پیوند سه گانه هم خوانی دارد و شواهدی محکم برای ماهیت کووالانسی این پیوند فراهم می سازد.

■ فولرن: نانوپوشش نجات بخش پیوندهای ناپایدار

پژوهشگران در این مقاله همچنین بر نقش حیاتی قفس فولرن C_{80} در پایداری این پیوند تأکید کردند. این قفس نانومقیاس نه تنها از تماس ترکیب با هوا و رطوبت جلوگیری می کند، بلکه از واکنش های داخلی و خودتخریبی نیز ممانعت می نماید؛ بدون آن که در هندسه یا ماهیت پیوند خللی وارد سازد.

بررسی های بیشتر با استفاده از تحلیل های محاسباتی کوانتومی نیز ساختار الکترونیکی و طول پیوند گزارش شده را تأیید کرد و نشان داد که پیوند تشکیل شده واقعاً ماهیت سه گانه دارد، نه صرفاً یونی یا ضعیف.

منبع www.chemistryworld.com

ژئولیت نانو حفره ای ویژه برای تولید کاتالیست های نفتی ساخته شد

محققان یک ژئولیت آلومینوسیلیکات پیشگامانه به نام ZMQ-1 ساخته اند که حاوی کانال های متقاطع متمایز با ابعاد میکرو و نانومتری است. این نوآوری برای بهبود قابل توجه فرایندهای کاتالیزوری در صنعت پتروشیمی مناسب است.

ZMQ-1، یک ژئولیت آلومینوسیلیکات جدید با کانال های میکرو و نانومتخلخل به هم پیوسته است که محدودیت های ژئولیت های رایج را با افزایش پایداری و کارایی کاتالیزوری برطرف می کند.

نتایج این مطالعه در نشریه Nature منتشر شده است. در این مقاله محققان ZMQ-1 را به عنوان اولین ژئولیت آلومینوسیلیکات دارای مزوپورهای ۲۸ حلقه ای ذاتی به هم پیوسته معرفی کردند. این پروژه به چالش های طولانی مدت در طراحی ژئولیت از جمله محدودیت در اندازه منافذ، پایداری و کارایی کاتالیزوری پرداخته است.

ژئولیت ها مواد کریستالی هستند که به دلیل کاربردهایشان در تبادل یونی، جذب مواد و ساخت کاتالیست شهرت دارند. باین حال،

ساختار میکرو متخلخل آن ها استفاده از آن ها را در پردازش مولکول های بزرگ تر محدود می کند. محققان این محدودیت را با ایجاد یک ژئولیت با حفره هایی بزرگ تر از ۲۰ آنگستروم برطرف کردند، درحالی که ژئولت از ثبات و اسیدیته مناسبی برخوردار است.

محققان از یک عامل هدایت کننده ساختار آلی مبتنی بر فسفونیوم (OSDA) استفاده کردند که در شکل گیری چارچوب این ماده نانوحفره ای مؤثر بود. در مقایسه با OSDA های سنتی مبتنی بر آمونیوم، این OSDA مبتنی بر فسفونیوم دارای بار مثبت قوی تر و پایداری بیشتر است که سنتز ساختارهای مزوپور پایدار را ممکن می سازد. تبلور ZMQ-1 از طریق سنتز هیدروترمال با نسبت های قابل تنظیم سیلیکون به آلومینیوم (Si/Al) به دست آمد که امکان سفارشی سازی در کاربردهای خاص را فراهم می کرد.

منبع www.scitechdaily.com

کاتالیست ویژه‌ای برای سنتز نانولوله‌های کربنی با تقارن خاص ارائه شد

ویژگی‌هایی مانند رسانایی، استثنایی، ویژگی‌های نوری و استحکام مکانیکی بسیار مورد توجه هستند و در این بین، تولید نانولوله‌هایی با خواص فیزیکی و تقارن خاص نیز مشکلاتی دارد. ناتوانی در کنترل کایرالیت CNT یک مانع بزرگ برای کاربرد صنعتی آن‌ها بوده است، بنابراین این پروژه برای یافتن کاتالیزوری که بتواند به طور مداوم هدف مورد نظر را تولید کند، انجام شد. این تیم تحقیقاتی کاتالیستی متشکل از نیکل (Ni)، قلع (Sn) و آهن (Fe) معرفی کردند که امکان سنتز انتخابی CNTها را با کایرالیت (۶،۵) فراهم می‌کند. فعالیت کاتالیزوری بسیار تخصصی این کاتالیزور NiSnFe این پیشرفت را ممکن کرده است. علاوه بر این، طول عمر فوتولومینسانس این بسته‌های CNT خالص با کایرالیتی (۶،۵) بیش از ۲۰ برابر بیشتر از CNTهای منفرد (۶،۵) است.

منبع www.msn.com

کاتالیزور نوآورانه‌ای که محققان ژاپنی ساخته‌اند، سنتز نانولوله‌های کربنی با کایرالیتی خاص را امکان‌پذیر می‌کند. یک تیم تحقیقاتی از دانشگاه توهوکو به سرپرستی توشیاکی کاتو از مؤسسه پیشرفته تحقیقات مواد، نانولوله‌های کربنی (CNTs) با شاخص کایرال (۶،۵) و خلوص فوق العاده بالای ۹۵ درصد را با موفقیت سنتز کردند. این یافته‌ها در مجله ACS Nano منتشر شده است. محققان این پروژه، با توسعه یک کاتالیزور منحصربه‌فرد که کنترل دقیقی بر آرایش اتمی یا تقارن نانولوله‌های کربنی را ممکن می‌سازد، به پیشرفت قابل توجهی در سنتز نانولوله‌های کربنی دست یافته‌اند. این پیشرفت به چالشی می‌پردازد که برای بیش از ۳۰ سال حل نشده باقی مانده بود و راه را برای دستگاه‌های نیمه‌رسانای جدید هموار می‌کند. نانولوله کربنی ورقه‌ای از کربن است که به صورت یک لوله توخالی نورد شده است. درحالی‌که این فرایند ساده به نظر می‌رسد، اما سنتز آن با مسائل پیچیده‌ای همراه است. نانولوله‌های کربنی به دلیل

طراحی کاتالیستی برای تولید هیدروژن سبز با استفاده از نور



که احتمالاً مهم‌ترین واکنش شیمیایی برای جامعه مدرن است، ارائه می‌دهد. ما یک روش کاملاً جدید و بسیار پایدار برای انجام SMR ایجاد کردیم.»

این مسیر واکنش SMR جدید از کشف ۲۰۱۱ در آزمایشگاه‌های هالاس و نوردلندر در دانشگاه رایس استفاده می‌کند. آن‌ها دریافتند که پلاسمون‌ها، نوسانات الکترون در نانوذرات فلزی در هنگام قرار گرفتن در معرض نور، می‌توانند «حامل‌های داغ» را منتشر کنند. این حامل‌ها الکترون‌ها و حفره‌های با انرژی بالا هستند که می‌توانند واکنش‌های شیمیایی را هدایت کنند. این سامانه کاتالیزوری جدید از نانوذرات مس به عنوان آنتن‌های برداشت انرژی استفاده می‌کند.

منبع www.msn.com

محققان دانشگاه رایس کاتالیزور جدیدی ساختند که می‌تواند به جای گرما، از نور استفاده کند تا هیدروژن سبز تولید کند. فرایند شیمیایی برای تولید هیدروژن به طور قابل توجهی به انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر می‌شود. برای مقابله با این مشکل، محققان دانشگاه رایس کاتالیزوری ایجاد کرده‌اند که می‌تواند با استفاده از نور به جای گرما، رفورمینگ بخار متان (SMR) را انجام دهد، بدون این که گاز گلخانه‌ای ایجاد شود. SMR یک واکنش شیمیایی است که باعث ایجاد هیدروژن و مونوکسید کربن از گاز طبیعی و سایر منابع متان می‌شود. این تحقیق می‌تواند برای طولانی شدن طول عمر کاتالیزور، افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها در فرایندهای مختلف صنعتی تحت تأثیر کک، مؤثر باشد.

فتوکاتالیست جدید مس-رادیوم دارای طراحی آنتن-راکتور است که متان و بخار آب را تجزیه می‌کند بدون اینکه در هنگام قرار گرفتن در معرض طول موج خاص نور، به گرمایش خارجی نیاز داشته باشد. این فرایند باعث ایجاد هیدروژن و مونوکسید کربن می‌شود که مواد اولیه با ارزش برای صنعت شیمیایی هستند و به انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر نمی‌شود.

پیتر نوردلندر از محققان این پروژه گفت: «این یکی از تأثیرگذارترین یافته‌های ما تاکنون است، زیرا جایگزین بهبود یافته‌ای برای آنچه

تبدیل پسماند صنایع کاغذسازی به نانومواد سودمند برای کشاورزی

چون کرافت، قلیایی، ارگانوسالون و سولفونه تقسیم می‌شود. لیگنین کرافت که از فرایند جداسازی سلولز از چوب اکالیپتوس به دست می‌آید، فراوان‌ترین نوع پسماند صنعتی در صنعت کاغذسازی برزیل به‌شمار می‌رود. ساختار فنولی این نوع لیگنین آن را به گزینه‌ای مناسب برای تولید مواد پیشرفته به‌ویژه در حوزه فناوری نانو تبدیل کرده است.

در این پژوهش، دانشمندان با الهام از کاربرد رایج اسید استیک در استخراج لیگنین ارگانوسالون، از این حلال سبز و کم‌هزینه برای جداسازی بخش‌های مؤثر لیگنین کرافت استفاده کردند. این روش برخلاف سایر شیوه‌ها که نیازمند چندین حلال یا مراحل پیچیده‌اند، تنها با تغییر درصد اسید استیک در محلول - از ۳۰ تا ۵۰ درصد - موفق به جداسازی لیگنین با ویژگی‌های متفاوت شدند.

پژوهشگران کاربرد این نانوذرات در آزادسازی کنترل‌شده کودهای NPK در خاک و مهار علف‌های هرز از جمله «کارورو» و «علف سیاه» را نیز بررسی کرده‌اند. آزمایش‌های صورت‌گرفته نشان داده‌اند که این نانوذرات در برابر تجزیه محیطی مقاوم‌اند و بسته به ساختار شیمیایی، رفتار آزادسازی متفاوتی دارند؛ مفهومی که آن‌ها آن را «ارتباط ساختار عملکرد» می‌نامند.

منبع www.agencia.fapesp.br

پژوهشگران برزیلی توانسته‌اند با استفاده از سرکه، ماده زائد صنعت کاغذسازی را به نانوکپسول‌هایی تبدیل کنند که از مواد در برابر نور خورشید محافظت می‌کنند یا در کشاورزی برای آزادسازی کنترل‌شده کود و سموم کاربرد دارند. این روش دوستدار محیط‌زیست است و می‌تواند جایگزین میکروپلاستیک‌های خطرناک شود.

پژوهشگران با بهره‌گیری از اسید استیک، موفق به توسعه روشی سبز و ارزان برای جداسازی لیگنین کرافت. یکی از پسماندهای فراوان صنایع کاغذسازی برزیل - شدند. این نوآوری نه تنها به افزایش ارزش افزوده این ضایعات کمک می‌کند، بلکه بستری برای تولید نانوذرات زیست‌تخریب‌پذیر با کاربرد در کشاورزی و فناوری محافظت از نور فرابنفش فراهم کرده است.

لیگنین؛ مولکولی پیچیده و ناهمگن با ساختارهای متنوع است که از آن در صنایع مختلف می‌توان بهره‌برداری کرد، اما به دلیل پیچیدگی ترکیب، استفاده مستقیم از آن دشوار است. از همین رو، دانشمندان به سرپرستی دکتر جسیکا رودریگز (Jessica Rodrigues) از مهندسان شیمی و پژوهشگران پسادکتری در پردیس سوراکابای دانشگاه UNESP، فرایند جداسازی و بخش‌بندی این ترکیب را طراحی کردند. به گفته این پژوهشگر، لیگنین بر پایه روش استخراج به انواع مختلفی

پلاستیک‌های دورریختنی به نانولوله کربنی و هیدروژن تبدیل می‌شوند

در کنار پیرولیز، پژوهشگران به سراغ فناوری دیگری با عنوان «کاتالیز میکروویوی» رفته‌اند. در این روش به جای گرم‌کردن یکنواخت پلاستیک، انرژی به صورت هدفمند به نقاط خاصی از ماده منتقل شده و واکنش‌های شیمیایی مؤثرتری رقم می‌خورد. کاتالیزگرهایی مانند $FeAlOx$ با جذب امواج میکروویو، پیوندهای C-H پلاستیک‌ها را شکسته و شرایطی فراهم می‌کنند که هم‌زمان هیدروژن آزاد و ساختارهای کربنی برای تولید نانولوله شکل بگیرد.

در سنگاپور نیز دانشگاه فنی نانیانگ (Nanyang Technological University) توانسته است با طراحی یک فرایند دوجمله‌ای، زباله‌های پلاستیکی آلوده مانند بسته‌بندی‌های غذایی و کیسه‌ها را به نانومواد ارزشمند تبدیل کند. ابتدا پلاستیک‌ها در دمای ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد به گاز سنتز تبدیل شده و سپس در مرحله دوم، با استفاده از رسوب‌دهی شیمیایی بخار، به نانولوله‌های کربنی تبدیل می‌شوند. این فرایند بدون استفاده از آب، امکان بازیابی فلزات و دستیابی به هدف طرح جامع «بدون زباله» سنگاپور را فراهم کرده است.

منبع www.azonano.com



دانشمندان موفق شده‌اند با فناوری‌های نوین، زباله‌های پلاستیکی را به موادی با ارزش مانند نانولوله کربنی و هیدروژن پاک تبدیل کنند. این نوآوری می‌تواند هم‌زمان به بحران محیط‌زیستی پلاستیک و تولید انرژی پاک پاسخ دهد و مسیر بازیافت را اقتصادی‌تر کند.

پژوهشگران مؤسسه علوم و فناوری اولسان موفق شده‌اند از ماسک‌های دورریختنی به عنوان خوراک پیرولیز استفاده کرده و گازهای حاصل را با کمک مرحله‌ای کاتالیستی در دمای بالا به نانولوله‌های کربنی و هیدروژن تبدیل کنند. نکته قابل توجه این‌که این فرایند نیاز به جداسازی انواع مختلف پلاستیک ندارد و با استفاده از برق تجدیدپذیر، می‌تواند با هزینه کم و انتشار کربن پایین، در مقیاس صنعتی پیاده‌سازی شود.

فوتوکاتالیست‌های نقاط کوانتومی، ۹۹ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی کردند

مواد اولیه به منفی ۳۴ ولت (نسبت به SCE) نیز برسد. نکته چشمگیر آن که تمامی این واکنش‌ها تنها با یک درصد انرژی نوری سامانه‌های رایج انجام می‌گیرند که نتیجه به‌کارگیری راهبرد تحریک دوفوتونی در طراحی کاتالیزور است. چنین بازدهی، این فناوری را به یکی از قدرتمندترین روش‌های شناخته‌شده برای پیشبرد واکنش‌های ردوکس تبدیل می‌کند.

پروفسور «لو» درباره اهمیت این کشف می‌گوید: «این پژوهش قابلیت‌های بی‌سابقه نیم‌رساناهای کوانتومی را در پیشبرد واکنش‌های شیمیایی دشوار نشان می‌دهد؛ واکنش‌هایی که با فوتوکاتالیست‌های مولکولی مرسوم قابل انجام نبودند.»

این دستاورد نه تنها گامی بلند در مسیر کاهش مصرف انرژی در فرایندهای شیمیایی است، بلکه می‌تواند افق‌های تازه‌ای را برای سنتز سبز، طراحی واکنش‌های پایدار و توسعه داروهای پیچیده بگشاید.

منبع www.phys.org

پژوهشگران دانشکده علوم دانشگاه علوم و فناوری هنگ‌کنگ با بهره‌گیری از نقاط کوانتومی توانسته‌اند نوعی فوتوریداکانتات فوق‌قدرتمند طراحی کنند که تنها با یک صدم انرژی نوری موردنیاز سامانه‌های معمول، واکنش‌های شیمی آلی را پیش می‌برد.

در این مطالعه، گروهی به رهبری پروفسور لو‌های‌پنگ از گروه شیمی دانشگاه علوم و فناوری هنگ‌کنگ، با طراحی یک سامانه نوین متشکل از نقاط کوانتومی حاوی یون‌های دوظرفیتی منگنز (Mn^{2+}) در ساختار CdS/ZnS، موفق به ایجاد سازوکاری کارآمد برای تولید الکترون‌های داغ شدند. این سازوکار بر پایه فرایند «آگر با تبادل اسپین دوفوتونی» (Two-photon Spin-Exchange Auger Process) عمل می‌کند و امکان بهره‌گیری از نور مرئی را برای پیشبرد واکنش‌ها فراهم می‌سازد.

به گفته پژوهشگران، الکترون‌های داغ حاصل از این سامانه، قابلیت انجام واکنش‌های پیچیده‌ای چون کاهش بیرچ (Birch Reduction) و شکستن انتخابی پیوندهای شیمیایی نظیر C-I، C-Br، C-Cl و C-O، C-N را دارند؛ آن‌هم در شرایطی که پتانسیل کاهش

تصفیه هوای آلوده با نانولوله‌های تیتانیومی / پایان فیلترهای سنتی نزدیک است؟

قدرتمندی را برای تخریب آلاینده‌ها به راه می‌اندازند. پایه علمی این اختراع، فرایند فوتوکاتالیز (Photocatalysis) است؛ واکنشی که با تحریک نوری کاتالیزورهایی خاص از جمله TiO_2 ، باعث تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن همچون رادیکال‌های هیدروکسیل می‌شود. این گونه‌های فعال، ترکیبات آلی و غیرآلی را تجزیه کرده و به دی‌اکسیدکربن و آب یعنی ترکیبات بی‌خطر، تبدیل می‌کنند.

نکته برجسته در فناوری دانشگاه گدانسک، تفاوت بنیادی آن با فیلترهای سنتی نظیر HEPA است؛ درحالی که فیلترهای معمول آلاینده‌ها را تنها به دام می‌اندازند، این فناوری آن‌ها را کاملاً تجزیه و نابود می‌کند. این عملکرد شامل ویروس‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها نیز می‌شود. از دیگر کاربردهای آتی این فناوری می‌توان به سطوح خودپاک‌شونده مانند نمای ساختمان‌ها اشاره کرد که با تابش نور خورشید، آلودگی‌های آلی را تجزیه می‌کنند.

نخستین نمونه اولیه دستگاه تصفیه هوا با استفاده از این فناوری، توسط شرکت BEWI، تولیدکننده سازه‌های PVC و آلومینیومی، طراحی شده است. این دستگاه براساس ابعاد اتاق و میزان آلودگی، بهینه‌سازی شده و قادر است طیف وسیعی از ترکیبات مضر شیمیایی و میکروارگانیسم‌ها را حذف کند.

منبع www.scienceinpoland.pl

دانشمندان لهستانی با ساخت نانولوله‌هایی از جنس تیتانیوم که با نور فعال می‌شوند، توانسته‌اند هوای آلوده را از ویروس‌ها و ترکیبات شیمیایی پاک کنند. این فناوری جدید برخلاف فیلترهای معمول، آلودگی را نابود می‌کند و برای استفاده در بیمارستان‌ها، مدارس و حتی نماهای خودتمیزشونده ساختمان‌ها مناسب است.

دانشمندان دانشگاه گدانسک موفق به توسعه فناوری نوینی برای تصفیه هوا از ترکیبات آلی فرار، آلاینده‌های غیرآلی و ویروس‌ها شده‌اند. این فناوری که مبتنی بر نانولوله‌های اکسید تیتانیوم (TiO_2) اصلاح شده با نانوذرات فلزی است، با تابش نور UVA فعال می‌شود و آلاینده‌ها را به طور کامل تجزیه می‌کند. اختراع یادشده هم‌اکنون تحت حفاظت پتنت قرار دارد و گام‌هایی برای تولید صنعتی آن آغاز شده است.

پژوهشگران دانشگاه گدانسک (University of Gdańsk) در لهستان، با همکاری دانشگاه باگیلونا و یک شرکت صنعتی، موفق به طراحی و ثبت اختراع این فناوری شده‌اند که قادر است هوا را از ترکیبات آلی فرار، آلاینده‌های غیرآلی، میکروارگانیسم‌ها و حتی ویروس‌ها پاک‌سازی کند. براساس اعلام ماگدالنا نیچوچوا-گونیوشوسکا (Magdalena Nieczuja-Goniszezewska)، سخنگوی این دانشگاه، این فناوری مبتنی بر نانولوله‌های اصلاح‌شده اکسید تیتانیوم (TiO_2) است که در اثر تابش دیودهای نور UVA فعال می‌شوند و واکنش‌های شیمیایی

تولید آمونیاک سبز با کاتالیست عاری از فلزات واسطه

پژوهشگران مؤسسه علوم توکیو موفق به توسعه کاتالیستی جدید شده‌اند که بدون نیاز به فلزات واسطه، تولید آمونیاک را کارآمدتر و پایدارتر می‌کند. این تحقیق نشان می‌دهد که اکسونیتراید-هیدرید ارتوسیلیکات باریم-سیلیکون ($\text{Ba}_3\text{SiO}_5 - \text{N}_y\text{H}_z$) می‌تواند جایگزینی مناسب برای کاتالیست‌های فلزی سنتی باشد.

آمونیاک یکی از مواد کلیدی در تولید کودهای شیمیایی، مواد منفجره و بسیاری از محصولات صنعتی است. روش متداول سنتز آمونیاک، یعنی فرایند هابر-بوش، به دلیل نیاز به دما و فشار بسیار بالا، مصرف انرژی زیادی داشته و منجر به انتشار گسترده دی اکسید کربن می‌شود. تاکنون، کاتالیست‌های مورد استفاده در این فرایند بیشتر بر پایه آهن و روتنیوم بودند که مشکلات محیط زیستی و اقتصادی به همراه داشتند.

از ویژگی‌های منحصر به فرد کاتالیست جدید می‌توان به این موارد اشاره کرد:

■ **عدم نیاز به فلزات واسطه:** برخلاف روش‌های قبلی، این کاتالیست

برای فعال سازی نیتروژن نیازی به فلزات گران قیمت و کمیاب ندارد. ■ **فعالیت بالا در شرایط ملایم تر:** این ماده می‌تواند در دما و فشار پایین تر نسبت به کاتالیست‌های معمول، تولید آمونیاک را انجام دهد. ■ **پایداری شگفت انگیز:** ترکیب $\text{Ba}_3\text{SiO}_5 - \text{N}_y\text{H}_z$ در شرایط صنعتی پایدار باقی می‌ماند و قابلیت استفاده در مقیاس صنعتی را دارد. ■ **سازگار با محیط زیست:** کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار CO_2 ، این فناوری را به گزینه‌ای سبز و پایدار تبدیل کرده است.

■ **سازگار با عملکرد کاتالیست $\text{Ba}_3\text{SiO}_5 - \text{N}_y\text{H}_z$:** این کاتالیست دارای حفره‌های آنیونی (Anion vacancies) در ساختار خود است که نقشی کلیدی در فعال سازی مولکول نیتروژن و تبدیل آن به آمونیاک ایفا می‌کند. در بررسی‌های آزمایشگاهی، افزودن نانوذرات روتنیوم باعث افزایش عملکرد کاتالیست شد. اما نکته مهم این است که نقش اصلی در کاهش انرژی فعال سازی را حفره‌های آنیونی ایفا می‌کنند، نه روتنیوم.

منبع: www.azom.com

زخم التیام می‌یابد، عروق تازه می‌رویند؛ معجزه نانوسیلیکات در پزشکی ترمیمی!

بافتی گرفته شده از این محل، نشان داد که بافت بدن به درون ماده نفوذ کرده و رشد رگ‌ها به شدت افزایش یافته است. دکتر آخیش گاهاروار (Akhilesh Gaharwar): سرپرست این تیم تحقیقاتی، تأکید کرد که این دستاورد بدون نیاز به فاکتورهای رشد یا داروهای گران قیمت حاصل شده و کاملاً بر ظرفیت‌های طبیعی بدن متکی است. به گفته او، «با افزودن نانوسیلیکات به مواد ترمیمی، می‌توان رشد رگ‌های خونی را سرعت بخشید؛ موضوعی که برای بقای بافت و ترمیم مؤثر آن حیاتی است.»

پژوهشگران دریافتند که نانوسیلیکات‌ها، سلول‌های بدن را فعال تر می‌کنند. در برخورد با این نانومواد، سلول‌ها به سرعت شروع به حرکت و تشکیل ساختارهایی شبیه به میرگ‌ها می‌کنند. بررسی‌های دقیق تر نشان داد که این ذرات سیگنال‌های درون سلولی خاصی را فعال می‌کنند که راه انداز ساخت شبکه‌های عروقی اند.

در آزمایش‌های حیوانی، نمونه‌هایی که حاوی نانوسیلیکات بودند، عملکرد بسیار بهتری در رشد عروق نسبت به نمونه‌های فاقد آن نشان دادند. این عملکرد از طریق مسیر مولکولی WNT/ β -catenin و افزایش سطح گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) درون سلول‌ها هدایت می‌شود.

منبع: www.nanowerk.com

دانشمندان کشف کرده‌اند که نانوسیلیکات می‌تواند به بدن در ساخت رگ‌های خونی جدید کمک کند. این ویژگی باعث می‌شود زخم‌ها سریع‌تر خوب شوند، بدون آن‌که نیاز به داروهای گران قیمت باشد. این روش شاید در آینده درمان بسیاری از جراحات و حتی سوختگی‌ها را آسان تر کند.

پژوهشگران دانشگاه A&M تگزاس نشان داده‌اند که ذرات معدنی موسوم به نانوسیلیکات می‌توانند با تحریک رشد عروق خونی جدید در بدن، روند ترمیم زخم‌ها و آسیب‌های بافتی را تسریع کنند. این یافته نویدبخش تحولی بزرگ در درمان جراحات، سوختگی‌ها و حتی بازسازی استخوان‌ها، آن‌هم بدون نیاز به داروهای پرهزینه یا فاکتورهای رشد مصنوعی است.

در دنیای پزشکی بازساختی، یکی از چالش‌های اصلی، سرعت بخشیدن به فرایند التیام زخم‌ها و بازسازی بافت‌های آسیب دیده است. بدون شکل گیری عروق خونی تازه، هیچ ترمیمی به خوبی اتفاق نمی‌افتد، زیرا اکسیژن و مواد مغذی به بافت آسیب دیده نمی‌رسند. اکنون پژوهشی تازه، دریچه‌ای نو به روی این چالش گشوده است.

پژوهشگران، نانوسیلیکات‌ها را درون یک ماده ژل مانند تعبیه کرده و درون بدن کاشتنند. نتیجه شگفت انگیز بود: در اطراف و درون این ایمپلنت، رشد فعالانه رگ‌های خونی جدید مشاهده شد. تصاویر



✓ حاوی نانو حباب



✗ مصرف آب معمولی

استفاده از نانو حباب در کشت گوجه فرنگی



نانو صنعت
www.nano.ir
www.INDnano.ir



نانوداروهای ضد سرطان



نانو صنعت
www.nano.ir
www.INDnano.ir