دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال چهاردهم، شماره‌ی ٥٦
زمستان ١٤٠٢، صفحات ٥٢-٤٥

کاربرد نانوتکنولوژی در انرژی تجدیدپذیر

مجتبی جمعیتی
گروه فیزیک، واحد نراق، دانشگاه آزاد اسلامی، نراق، ایران
Email: drmjamiati@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۸

چکیده

فناوری نانو دارای پتانسیل پیشرفت‌های بنیادی فراوانی در بهبود منابع انرژی متداول (سوخت‌های هسته‌ای و فسیلی) و همچنین منابع انرژی تجدیدپذیر است. پیشرفت‌های شگرف فناوری نانو به واسطه معرفی فناوری‌هایی با بازده بالاتر، قیمت کم‌تر و مناسب از لحاظ زیست‌محیطی به ما امکان می‌دهد در تأمین انرژی برای سامانه‌های مختلف فراتر از گزینه‌های فعلی قدم برداریم. انرژی‌های تجدیدپذیر و نانوتکنولوژی دو حوزه‌ای هستند که می‌توانند در صنعت پالایش نفت تأثیرات مثبتی داشته باشند. انرژی‌های تجدیدپذیر چون خورشیدی، بادی، آبی، زمین‌گرمایی و بیوانرژی می‌توانند به عنوان منابع انرژی جایگزین برای تامین برق و حرارت مورد نیاز پالایشگاه‌ها به کار روند و کمک کنند تا از وابستگی به سوخت‌های فسیلی کاسته شود.نانوتکنولوژی در بهبود فرآیندهای پالایش، افزایش کارایی و پایداری تجهیزات و کاتالیست‌ها و پاک‌سازی محیط زیست نقش دارد. مثلاً، استفاده از نانوکاتالیست‌ها می‌تواند سرعت واکنش‌های شیمیایی را افزایش دهد و مصرف انرژی را کاهش دهد. نانوفیلترها نیز می‌توانند در تصفیه فاضلاب‌های پالایشگاهی مورد استفاده قرار گیرند تا آلاینده‌ها را با دقت بالا جدا کنند. به طور کلی، این فناوری‌ها می‌توانند به افزایش بهره‌وری و کاهش آثار زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های پالایشگاهی کمک کنند و گامی بزرگ در جهت توسعه پایدار به شمار می‌روند.

کلید واژه: نانوتکنولوژی، انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی، نانو، محیط زیست.

مقدمه

نانوفناوری[1] و مواد در مقیاس نانو بخشی از تاریخ بشر بوده و از قرن‌ها پیش مورد استفاده قرار گرفته است. کلمه نانو کلمه ای یونانی به معنای کوتوله و کوتاه قد و به اندازه‌ای برابر یک میلیاردم متر (هشتاد هزار بار کوچک‌تر از قطر یک تار موی انسان) اطلاق می‌شود. نانوتکنولوژی از شاخه‌ای از علم به نام «علم نانو» پدید آمده است که به عنوان مطالعه پدیده‌ها و دستکاری مواد در مقیاس‌های اتمی، مولکولی و ماکرومولکولی تعریف می‌شود، که در آن خواص به طور قابل توجهی با خواص در مقیاس بزرگ متفاوت است. مواد حجیم (قطعات "بزرگ" موادی که در اطراف خود می‌بینیم) دارای خواص فیزیکی پیوسته (ماکروسکوپی) هستند، به عنوان مثال: ماده (طلا) در مقیاس نانو می‌تواند دارای ویژگی‌هایی (مانند نوری، مکانیکی و الکتریکی) باشد که با خواصی که ماده در مقیاس ماکرو (توده) دارد بسیار متفاوت است. نانوتکنولوژی می‌تواند در تمامی زمینه‌های علمی مانند زیست شناسی، شیمی، فیزیک، علم مواد و مهندسی کاربرد داشته باشد. بیش‌تر مواد در مقیاس نانو بسیار کوچک هستند که با چشم غیر مسلح دیده نمی‌شوند. مواد مهندسی شده در مقیاس نانو به عنوان نانومواد مهندسی شده گفته می‌شود که دارای خواص منحصر به فرد مغناطیسی، نوری، الکتریکی و سایر خواص شگفت انگیزی هستند که آن‌ها را برای کاربردهای عظیم در زمینه‌های مختلف مناسب می‌کند. تمام این خواص منحصر به فرد و مساحت سطح بزرگ‌تر نانومواد پتانسیل زیادی را برای بهبود منابع انرژی تجدیدپذیر فراهم می‌کند [۴-۱].

انرژی نقش کلیدی در توسعه فنی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی هر کشور ایفا می‌کند. تقاضای جهانی انرژی به طور مداوم در حال رشد است و پذیرفته شده است که در سال ۲۰۳۰ تقریباً ۵۰ درصد افزایش یابد. مردم عمدتاً به سوخت های فسیلی وابسته هستند که تهدید بزرگی برای محیط زیست است. تقاضای جهانی انرژی را می‌توان با استفاده از منابع تجدیدپذیر مانند باد، خورشید، زمین گرمایی، زیس توده، جزر و مد و غیره تامین کرد. برای حل مشکلات آب و هوا و انرژی، نه تنها استفاده اقتصادی از جایگزین‌های تجدیدپذیر برای سوخت‌های فسیلی، بلکه برای بهینه‌سازی کل زنجیره ارزش افزوده انرژی ضروری است.

هدف اولیه برای استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر، پیش‌برد توسعه اقتصادی، بهبود امنیت انرژی، بهبود دسترسی به انرژی و کاهش تغییرات آب و هوایی است. توسعه پایدار با استفاده از انرژی پایدار و با تضمین دسترسی شهروندان به انرژی مقرون به صرفه، قابل اعتماد، پایدار و مدرن امکان پذیر است. حمایت قوی دولت‌ها و وضعیت اقتصادی مناسب فزاینده، از جذاب‌ترین بازارهای انرژی تجدیدپذیر است. پیش‌بینی می‌شود که بخش انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند تعداد زیادی شغل خانگی در سال‌های آینده ایجاد کند [۶-۴].

فناوری نانو در چهار حوزه کاتالیزورهای سوخت، تولید و تبدیل انرژی، ذخیره‌سازی انرژی و توزیع یا انتقال انرژی تأثیرگذار است. علاوه بر موارد گفته شده فناوری نانو در هنگام مصرف انرژی نیز در صرفه‌جویی آن مؤثر است. کاهش مصرف سوخت در اتومبیل‌ها به علت استفاده از مواد نانوکامپوزیتی با وزن کم، بهینه‌سازی مصرف سوخت با کمک اجزای موتور با وزن کم‌تر و مقاومت در برابر سایش بالاتر، افزودنی‌های سوخت بر پایه نانوذرات و حتی تایرهای بهبودیافته با مقاومت غلتان پایین، نمونه‌هایی از کاربردهای فناوری نانو در بهبود مصرف انرژی است. با توجه به تغییرات جهانی و افزایش قیمت انرژی‌های فسیلی و نفت و گاز و ضرورت توجه به فناوری‌های پاک، تولید انرژی از منابع تجدید پذیر ضروری است. با این گستردگی حوزه کاربرد، فناوری نانو توجه بسیاری از محققان و سرمایه‌گذاران را جلب کرده است [۴].

آلودگی زیست محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی به معضلی جدی برای کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته جهان تبدیل شده است. آلودگی گیاهان و حیوانات مختلف در

[1] Nanotechnology

اکوسیستم و همچنین انسان‌ها را در سراسر جهان تحت تاثیر قرار داده است. بنابراین نیاز به تکنیک‌هایی برای اصلاح محیط‌های آلوده وجود دارد. اکسیداسیون فوتوکاتالیستی با استفاده از نیمه هادی‌ها به عنوان کاتالیزور، از زمانی که فوجیشیما و هوندا[۲] نور القا شده را کشف کردند، به عنوان یک فناوری سبز برای کاربردهای زیست محیطی، مانند تصفیه آب، تصفیه هوا، و اصلاح خاک به یک کاندیدای جذاب تبدیل شده است. فرآیندهای فوتوکاتالیستی در سال های اخیر، به منظور حذف ترکیبات آلی و غیرآلی از فاز گاز و یا مایع استفاده شده است. فرآیند فوتوکاتالیستی در حضور نانو فوتوکاتالیست‌هایی همانند TiO_2، برای تجزیه ترکیبات آلی سمی، رنگ‌ها، آفت‌کش‌ها، ترکیبات آلی فرار، گازهای مضر و باکتری‌ها در محیط‌های مختلف استفاده شده است. بنابراین، فوتوکاتالیز در دو دهه اخیر به عنوان یک فرآیند پاک و سبز برای تجزیه آلاینده‌ها در محیط به شدت مورد مطالعه قرار گرفته است. اخیراً، نانومواد برای کاربردهای زیست‌محیطی و انرژی نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند، زیرا اندازه، شکل، بلورینگی و سطح آن‌ها می‌توانند خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی مانند مساحت سطح بالا، ساختار کاملاً مشخص، پراکندگی بالا و واکنش‌پذیری بالا را ارائه دهند فناوری نانو دارای پتانسیل پیشرفت‌های بنیادی فراوانی در بهبود منابع انرژی متداول (سوخت‌های هسته‌ای و فسیلی) و همچنین منابع انرژی تجدیدپذیر است. پیشرفت‌های شگرف فناوری نانو به واسطه معرفی فناوری‌هایی با بازده بالاتر، قیمت کم‌تر و مناسب از لحاظ زیست‌محیطی به ما امکان می‌دهد در تأمین انرژی برای سامانه‌های مختلف فراتر از گزینه‌های فعلی قدم برداریم [۵].

– نقش فناوری نانو برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر

انرژی‌های تجدیدپذیر امیدوارکننده‌ترین منبع انرژی برای کاهش مصرف سوخت فسیلی است. با این حال، بهبود سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر برای رقابت با سوخت‌های فسیلی ضروری است. فناوری نانو راه حل‌هایی را برای مهم‌ترین مشکلات سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه می‌دهد. راندمان پایین سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر را می‌توان با استفاده از نانومواد بهبود بخشید. علاوه بر این، کاهش اندازه سیستم‌های انرژی امکان تولید دستگاه‌های سبک‌تر و قابل حمل را فراهم می‌کند. توسعه کاربردهای انرژی سبز مقرون به صرفه، دروازه‌های آینده‌ای پایدار را برای جهان ما باز خواهد کرد. در مجموع، فناوری نانو این پتانسیل را دارد که سرنوشت سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر را به سمت بهتر تغییر دهد [۹-۶].

با افزایش جمعیت جهان و تلاش برای نوآوری‌های بیش‌تر، افزایش بهره‌وری انرژی و کاهش مصرف انرژی در همه زمینه‌ها ضروری است. نانومواد خواص منحصر به فردی برای افزایش بهره‌وری انرژی دارند. فناوری نانو دارای پتانسیل پیشرفت‌های بنیادی فراوانی در بهبود منابع انرژی متداول (سوخت‌های هسته‌ای و فسیلی) و همچنین منابع انرژی تجدیدپذیر است. پیشرفت‌های شگرف فناوری نانو به واسطه معرفی فناوری‌هایی با بازده بالاتر، قیمت کم‌تر و مناسب از لحاظ زیست‌محیطی به ما امکان می‌دهد در تأمین انرژی برای سامانه‌های مختلف فراتر از گزینه‌های فعلی قدم برداریم [۱]. تحقیقات نانوتکنولوژی عمدتاً بر انرژی خورشیدی، هیدروژن و زیست توده متمرکز است. تحولات در کاربردهای انرژی زمین گرمایی، باد و جزر و مد عمدتاً بر مصالح ساختمانی یا ماشین آلات مورد استفاده متمرکز است تا فرآیند واقعی. از کاتالیزورهای نانوساختار برای افزایش کارایی پیل‌های سوختی و از نانومواد متخلخل برای ذخیره‌سازی هیدروژن استفاده می‌شود. نانوسیال‌ها راندمان انتقال حرارت کلکتورهای خورشیدی را افزایش می‌دهند در حالی که نقاط کوانتومی و نانولوله‌های کربنی خواص جذب انرژی سلول‌های خورشیدی را افزایش می‌دهند.

[۲] Fujishima and Honda

نانوتکنولوژی توسعه سیستم‌های انرژی قابل حمل و همچنین سیستم‌های مقیاس بزرگ با راندمان بالا را امکان‌پذیر می‌سازد. توسعه سیستم های انرژی های تجدیدپذیر مقرون به صرفه به اهداف انرژی فوری جهان ما کمک می کند و اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی را کاهش می‌دهد [۱۱ - ۱۰].

فناوری نانو در چهار حوزه کاتالیزورهای سوخت، تولید و تبدیل انرژی، ذخیره‌سازی انرژی و توزیع یا انتقال انرژی تأثیرگذار است. علاوه بر موارد گفته شده فناوری نانو در هنگام مصرف انرژی نیز در صرفه‌جویی آن مؤثر است. کاهش مصرف سوخت در اتومبیل‌ها به علت استفاده از مواد نانوکامپوزیتی با وزن کم، بهینه‌سازی مصرف سوخت با کمک اجزای موتور با وزن کم‌تر و مقاومت در برابر سایش بالاتر، افزودنی‌های سوخت بر پایه نانوذرات و حتی تایرها بهبودیافته با مقاومت غلتان پایین، نمونه‌هایی از کاربردهای فناوری نانو در بهبود مصرف انرژی است. با این گستردگی حوزه کاربرد، فناوری نانو توجه بسیاری از محققان و سرمایه‌گذاران را جلب کرده است [۱۲].

- تجزیه و تحلیل داده‌ها

با رشد سریع صنعتی شدن و تغییر سبک زندگی تقاضای جهانی برای انرژی به شکل فزاینده‌ای رو به افزایش است. طی سال‌های متمادی سوخت‌های فسیلی مانند نفت، گاز طبیعی و زغال‌سنگ منابع بالقوه انرژی برای برآوردن این تقاضای جهانی انرژی محسوب می‌شده است. در صورت ادامه این روند ما در سیاره‌ای تهی از منابع فسیلی به دام خواهیم افتاد که بر اثر تولید گازهای گلخانه‌ای حاصل از احتراق با دشواری‌های زیست‌محیطی گریزناپذیری روبرو خواهد بود. به همین دلیل، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های امروزه بشر جایگزینی سوخت فسیلی با منابع انرژی تجدیدپذیر و پاک است. امروزه تأمین پایدار انرژی و حفظ محیط زیست به عنوان دو هدف ارزشمند، نه تنها در سطح کشورها بلکه در سطح جهانی مطرح است، از این رو، برای چنین چالشی باید با به‌کارگیری ترکیب‌ها و منابع در دسترس راه‌حلی به‌صرفه ارائه داد [۱۳].

فناوری نانو می‌تواند راه‌های پاک‌تر، مقرون‌به‌صرفه‌تر، کارآمدتر و مطمئن‌تر را برای جذب منابع انرژی تجدیدپذیر فراهم کند. فناوری نانو امکانات جدیدی را برای حل مشکلاتی که در حوزه انرژی باید برطرف شوند، فراهم کرده است. مشکلاتی که در حین ذخیره سازی و حمل و نقل انرژی حاصل می‌شود باعث اتلاف انرژی می‌شود. علاوه بر این، انرژی به دست آمده توسط کاربران قابل ارزیابی کارآمد نیست و اتلاف انرژی زیادی در مرحله استفاده وجود دارد. برای حل این مشکلات، کار فشرده‌ای در راستای نوآوری‌های نانوتکنولوژی در حال انجام است. کاربردهای نانوتکنولوژی در زمینه انرژی نیز پیشرفت کرده و با نوآوری-هایی به ویژه در حوزه تولید نانو، بخش انرژی را نیز تحت تاثیر قرار داده است. قدرت نانومواد، قابلیت هدایت الکتریسیته و نرخ واکنش پذیری آن‌ها به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. پروژه‌های نانوتکنولوژی که شروع به تأثیرگذاری بر حوزه‌های مصرف و تولید انرژی کرده‌اند، به ویژه بر افزایش راندمان روشنایی و گرمایش، افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی برق و پاک‌سازی آلودگی در تولید انرژی تمرکز دارند. علاوه بر این، باتری‌ها و خازن‌های نسل جدید را می‌توان به عنوان نمونه‌های مهم فناوری نانو در بخش انرژی تعریف کرد. امروزه در نتیجه افزایش مصرف انرژی- سوخت، منابع طبیعی موجود به سرعت در حال کاهش است . در نتیجه، جستجو برای منابع انرژی جایگزین در سال‌های اخیر افزایش یافته و حمایت‌های مالی قابل توجهی برای تحقیق در مورد منابع انرژی جایگزین در کشورهای توسعه یافته در نظر گرفته شده است. مهم‌ترین این مطالعات، مطالعات مربوط به انرژی هیدروژن است. یکی از این مطالعات ژنراتوری است که سوخت هیدروژن تولید می‌کند و در حین تمیز کردن هوا نیروی خود را از نور می‌گیرد. به لطف نانوذرات موجود در کاتالیزور دستگاه، گاز هیدروژن هنگام تمیز کردن هوای کثیف تولید می‌شود. نقطه ضعف در سلول‌های خورشیدی هزینه تولید بالا است که در هزینه‌های بالای فعلی سلول‌های PV معمولی منعکس می‌شود. راندمان جذب خورشیدی نیز در حال حاضر بسیار ضعیف است و تنها

بخشی از انرژی به الکتریسیته تبدیل می‌شود. مواد جایگزین مانند TiO_2 منجر به سلول‌های PV ارزان‌تر می‌شود و راندمان تبدیل پایین‌تری دارد. نانوتکنولوژی می‌تواند مواد جایگزین و تکنیک‌های تولیدی را برای تولید سلول‌های PV مقرون به‌صرفه ارائه دهد، اگرچه راندمان تبدیل انرژی بالاتری وجود ندارد. تان و همکاران[۳] مزایای نانولوله‌های کربنی در تبدیل و ذخیره‌سازی انرژی، مانند سلول‌های خورشیدی و سوختی، ذخیره‌سازی هیدروژن، باتری‌های لیتیوم یونی، ابرخازن‌های الکتروشیمیایی، طراحی نانوکامپوزیت سبز را بررسی کرد. آن‌ها بیان کردند که نانولوله‌های کربنی با استفاده از سلول‌های خورشیدی و سوختی، که آینده منابع انرژی تجدیدپذیر هستند، کارایی تبدیل انرژی خود را افزایش می‌دهند. گوئو[۴] فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر را برای استفاده از انرژی آینده برای سوخت هیدروژن، سلول‌های خورشیدی، فناوری نانو و محیط دوستانه بررسی کرده است. مارکوویچ و همکاران[۵] چشم اندازی از سیستم-های اطلاعاتی و ارتباطی را ارائه کرد که از توسعه فناوری نانو در زمینه پایداری و بهره‌وری انرژی بهره می‌برد. در این تحقیق بیان شده است که صنعت در هر صورت از فناوری نانو در کنار حسگرهای هوشمند، عناصر منطقی، تراشه‌ها، دستگاه‌های حافظه، کاربرد در اپتیک و محاسبات بهره برده است. همچنین نانو موادی ارائه شده است که می‌توان از آن‌ها برای افزایش ظرفیت باتری‌ها و دستگاه‌های خورشیدی استفاده کرد. در صورت استفاده از نانوسیم‌ها در انتقال انرژی الکتریکی، می‌توان از اتلاف انرژی در شبکه و الکتریسیته تولیدی جلوگیری نمود. همچنین می‌توان از نانومواد در طراحی ساختمان‌ها و مناطق صنعتی و همچنین کاهش اتلاف انرژی حرارتی و سرمایشی ناشی از مصرف برق استفاده کرد [۱۴].

نانولوله‌های کربنی (CNT)[۶] اکنون جایگزین الکترودهای گرافیتی معمولی در باتری‌ها شده‌اند. آن‌ها دارای مساحت سطح فوق‌العاده بالا، رسانایی الکتریکی قوی و هندسه خطی هستند، و آن‌ها را به الکترولیت‌های قابل دسترس در باتری تبدیل می‌کند که منجر به کارایی بالاتر ناشی از افزایش بازده الکتریکی حاصل می‌شود [۱].

از نانوساختارهایی مانند نانولوله‌های کربنی، فولرن‌ها و نقاط کوانتومی برای سبک‌تر، کارآمدتر و مقرون به‌صرفه‌تر کردن سلول‌های خورشیدی استفاده می‌شود. با افزایش نسبت سطح به حجم نانوذرات، مقدار تابش خورشیدی جذب شده افزایش می‌یابد. ضعیف سلول‌های PV معمولی در جذب انرژی خورشیدی به همراه با هزینه‌های بالای ساخت، باعث می‌شود بازده تبدیل انرژی الکتریکی کم‌تر از ۴۰ درصد داشته باشند، در حالی که فناوری نانو می‌تواند مواد تغییر یافته‌ای با نرخ جذب و بازده بالاتر ایجاد کند [۱۱ – ۹].

باتری‌های نانو قادر به شارژ کردن ۶۰ بار سریع‌تر از باتری‌های معمولی هستند و برخی نیز می‌توانند در دماهای بالاتر عمل کنند. برخی از آن‌ها حتی برای دادن یک عمر بی‌انتها به آن‌ها توسعه یافته‌اند. میلیون‌ها نانولوله در خازن‌ها برای افزایش مساحت سطح الکترود استفاده می‌شوند، در نتیجه امکان مقدار انرژی ذخیره شده را افزایش می‌دهند، زیرا مساحت ذخیره‌سازی خازن‌ها متناسب با سطح الکترود است.

همچنین از نانولوله‌های کربنی برای کارآمدتر کردن توربین‌های بادی با ساخت پره‌های سبک‌تر و بادوام‌تر استفاده می‌شود، بنابراین می‌توان طول آن‌ها را افزایش داد تا تولید برق و طول عمر خود پره افزایش یابد. نرخ انتقال گرما با افزایش ناحیهٔ سطح تماس می‌تواند افزایش یابد و این اصل با توجه به پیشرفت‌های بسیار سریع فناوری نانو، به بارقهٔ امیدی برای رفع مشکل عدم کارآیی سیستم‌های حرارتی تبدیل شده است. سطح تماس ذرات با ریزتر شدن هرچه بیش‌تر افزایش می‌یابد و استفاده از این ذرات بسیار خالص جامد معلق در

[۳] Fujishima and Honda

[۴] Kelvii Wei Guo

[۵] Markovic, Dragan S. et al.

[۶] Tan et al.

سیال‌های معمولی، قابلیت هدایت گرمایی آن‌ها را افزایش می‌دهد [۱۰].

نانو ذرات نورتاب از قبیل نقاط کوانتومی، نانوذرات بر پایه طلا یا نقره، نانو الماس فلورسنت در افزایش بازده سلول‌های خورشیدی کاربرد فراوانی دارند. وجه مشترک تمامی این نانوذرات در خواص منحصر به فرد اپتیکی آن‌ها می‌باشد. به عبارتی ویژگی اصلیشان خاصیت فلورسنت بودن آن‌ها است.

این نانو ذرات با توجه به نوع و ابعادشان می‌توانند طول موج‌های متفاوتی را جذب کرده و به حالت تحریک در بیایند و انرژی جذب شده در قالب تشعشعاتی با طول موج دیگر یا طول موج اولیه خود منتشر نمایند. نقاط کوانتومی به دلیل خواص بسیار عالی اپتوالکترونیک خود در سلول‌های خورشیدی به عنوان جانشینی برای رنگدانه‌ها معرفی می‌شوند. این امر منجر به امکان تغییر ولتاژ یا جریان خروجی سلول خورشیدی حساس شده به نقاط کوانتومی می‌گردد. هم‌چنین جذابیت دیگر این مواد این است که به واسطه خاصیت فتوالکتریک خود می‌توانند دامنه جذب نور خورشید را از مرئی فراتر برده و محدوده اشعه فرو سرخ را نیز جذب نمایند [۱۵].

ترانسفورماتورهای الکتریکی پیشرفته، عناصر کلیدی در شبکه برق، توسط صنعت برق با استفاده از فناوری نانو برای افزایش قابلیت اطمینان و عملکرد در حال توسعه هستند. به طور خاص، تمرکز صنعت بر روی مواد عایق، پوشش‌ها، سیالات دی‌الکتریک و تجهیزات نظارتی است [۱].

در سرتاسر جهان، تولیدکنندگان به طور فزاینده‌ای در حال توسعه روش‌های جدید برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای تقویت رقابت انرژی پاک در صنایع مختلف هستند. سیستم‌های گرمایش فرآیند برای توانایی صنعت تولید جهانی برای تبدیل مواد خام (مانند نفت، سنگ آهن، درختان، محصولات زراعی و غیره) به محصولات (از جمله پلاستیک، فلزات، کاغذ و مواد غذایی) حیاتی هستند. این سیستم‌ها از انرژی برای تولید، تامین، انتقال، نگهداری یا بازیابی انرژی گرمایی استفاده می‌کنند بخش صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر شامل طیف خوبی از شرکت‌ها است که مشغول تحقیق، طراحی، تولید و بازاریابی محصولات جدید برای برآوردن نیازهای به‌روز مصرف‌کننده هستند. اثرات نانوتکنولوژی بر تولید، انتقال، ذخیره و مصرف انرژی بسیار زیاد است.

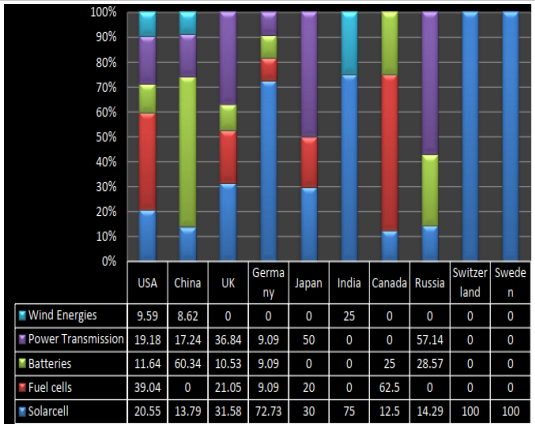
با توجه به شرکت‌های ثبت شده، آمریکا، چین، آلمان، انگلستان، ایتالیا، ژاپن، کانادا، هند و سوئیس برترین کشورهایی هستند که نانوتکنولوژی را ترویج و بهترین عملکرد را در تولید مستقیم دارند. پایگاه داده محصولات نانوتکنولوژی از بانک اطلاعات شاخص‌های فناوری نانو – statnano جمع‌آوری شده است که منبع قابل اعتمادی از اطلاعات در مورد محصولات نانوتکنولوژی ارائه می‌دهد. شکل ۱ میزان استفاده از محصولات نانوتکنولوژی را در انرژی‌های تجدیدپذیر به طور عمده در انرژی‌های بادی، انتقال نیرو، باتری‌ها، سلول‌های سوختی و سلول‌های خورشیدی توسط کشورهای مختلف مانند ایالات متحده آمریکا، چین، انگلستان، آلمان، ژاپن، کانادا، هند، سوئیس، روسیه و سوئد نشان می‌دهد [۱].

در زیر تفاسیر نمودار آمده است:

– هند بازیگر پیشرو در محصولات نانوتکنولوژی در انرژی‌های بادی است.

– سوئیس و سوئد دو تولید کننده بزرگ در تولید محصولات نانوتکنولوژی سلول‌های خورشیدی هستند.

– ایران در تولید محصولات نانوتکنولوژی در انتقال نیرو، باتری‌ها و پیل‌های سوختی کمبود دارد. ایران باید تحقیق و توسعه بیش‌تری در این زمینه انجام دهد تا سهم خود را افزایش دهد. دلیل دیگر ممکن است عدم تولید نانو مواد مورد استفاده در این محصولات باشد.



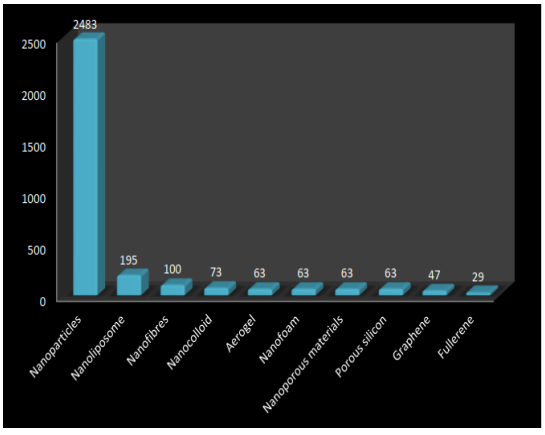
	USA	China	UK	Germany	Japan	India	Canada	Russia	Switzerland	Sweden
Wind Energies	9.59	8.62	0	0	0	25	0	0	0	0
Power Transmission	19.18	17.24	36.84	9.09	50	0	0	57.14	0	0
Batteries	11.64	60.34	10.53	9.09	0	0	25	28.57	0	0
Fuel cells	39.04	0	21.05	9.09	20	0	62.5	0	0	0
Solarcell	20.55	13.79	31.58	72.73	30	75	12.5	14.29	100	100

شکل ۱: تعداد محصولات در زیرمجموعه‌های صنعتی به تفکیک کشور [۱].

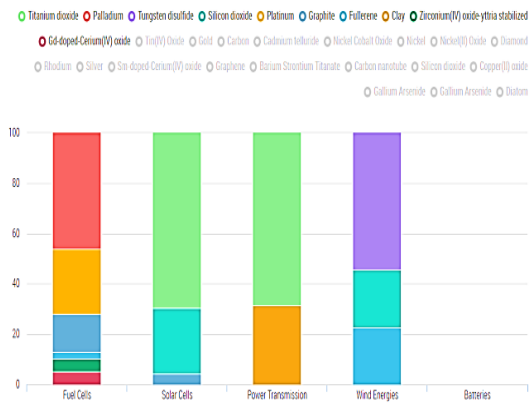
شکل ۲ نانومواد برتر مورد استفاده در این محصولات تجدیدپذیر را نشان می‌دهد. نمودار نشان می‌دهد که عمدتاً از ذرات نانو برای تولید محصولات نانوتکنولوژی استفاده می‌شود که در بخش تجدیدپذیر استفاده می‌شود.

برای انرژی‌های بادی نانومواد مورد استفاده عبارتند از: دی سولفید تنگستن، دی اکسید سیلیکون و فولرن.

برای سلول‌های خورشیدی نانومواد مورد استفاده عبارتند از: دی اکسید سیلیکون، دی اکسید تیتانیوم و گرافیت.



شکل ۲: نانومواد برتر مورد استفاده در محصولات [۱].



شکل ۳: تعداد نانومواد مورد استفاده در محصولات توسط زیرمجموعه‌های صنعتی (منبع: statnano.com) [۱].

بحث و نتیجه‌گیری

نانوتکنولوژی پتانسیل زیادی برای افزایش بهره‌وری انرژی‌های تجدیدپذیر دارد و می‌تواند هزینه انرژی را کاهش دهد. چالش‌ها و مخاطراتی وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرد. مقیاس‌پذیری و مقرون به‌صرفه بودن نانومواد و دستگاه‌ها یکی از بزرگ‌ترین موانع است. سنتز، ساخت و ادغام نانومواد نیاز به استفاده از تکنیک‌ها و تجهیزات پیچیده‌ای دارد که همیشه به طور گسترده در دسترس نیستند. علاوه بر این، نه اثرات زیست محیطی و نه سلامتی نانومواد به طور کامل بررسی نشده است. برخی از نانومواد به دلیل سمی بودن، ماندگاری و تجمع آن‌ها ممکن است برای انسان و اکوسیستم خطرآفرین باشد. بنابراین، تحقیقات و مقررات بیش‌تری برای اطمینان از توسعه و استفاده از فناوری نانو به شیوه‌ای ایمن و مسئولانه مورد نیاز است. نانوتکنولوژی رشته‌ای هیجان انگیز و نوظهور است که می‌تواند فرصت‌ها و راه‌حل‌های جدیدی را برای تولید و ذخیره انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه دهد. از این رو، افزایش کارایی، قابلیت اطمینان و مقرون به‌صرفه بودن سلول‌های خورشیدی، تولید هیدروژن و دستگاه‌های ذخیره‌سازی انرژی با بهره‌گیری از خواص و عملکردهای منحصربه‌فرد نانومواد از اهمیت بالایی برخوردار است. با این حال،

چالش‌ها و خطرات ناشی از فناوری نانو و تلاش برای ایجاد تعادل بین منافع و هزینه‌های آن باید در نظر گرفته شود.

منابع

[1] Varsada, B., 2021, Application of nanotechnology in renewable energy. A business dissertation, School of petroleum management pandit deendayal energy university gandhingar.
[2] Sahaym, U., Norton, M. G., 2008, Advances In The Application of Nanotechnology in Enabling a Hydrogen Economy. Journal of Materials Science, 43, 5395-5429.
[3] Echiegu, E. A., 2016, Nanotechnology as a Tool for Enhanced Renewable Energy Application in Developing Countries. Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications, 6(6), e113.
[4] Jamiati, M., 2020, Kinetic Energy Distribution for Neutron-Induced Fission of Thorium Isotopes. Physics of Atomic Nuclei, 83, 859–865.
[5] Fagan, R., 2013, Chapter Green Nanotechnology: Development of Nanomaterials for Environmental and Energy Applications, in Shamim, Washington, DC, American Chemical Society.
[6] Schertel, L., Vignolini, S., 2020, Nanotechnology in a Shrimp Eye's View. Nature Nanotechnology, 15, 87-88.
[7] Patil, A., Mishra, V., Thakur, S., Riyaz, B., Kaur, A., Khursheed, R., Patil, K., Sathe, B., 2019, Nanotechnology Derived Nanotools in Biomedical Perspectives: An update. Current Nanoscience, 15, 137-146.
[8] Kumaş, K., Özhan Akyüz, A., 2020, An overview on the use of nanotechnology in the renewable energy field. nternational Journal of Energy Applications, 7 (4), 143– 148.
[9] Jamiati, M., 2021, Modeling of MaximumSolar Power Tracking by Genetic Algorithm Method. Iranian (Iranica) Journal of Energy & Environment, 12(2), 118–124.
[10] Raj S., Jose S., Sumod U.S., Sabitha M., 2012, Nanotechnology in cosmetics: Opportunities and challenges. J. Pharm. Bioallied Sci., 4, 186–193.
[11] Jamiati, M., 2024, An overview of carbon nanotubes and their manufacturing method. The Application of chemistry in environment, 14(55), 59–65.
[12] Yayayürük, A., Yayayürük, O., 2019, Applications of Green Chemistry Approaches in Environmental Analysis. Current Analytical Chemistry, 15, 745 – 758.
[13] Xu, H., Liu, L., Wang, Y., Qi, D., Lu, N., 2013, Fabrication of antireflective compound eyes by imprinting. ACS Appl. Mater. Interfaces, 5, 12799–12803.
[14] Kumaş, K., Akyüz, A. Ö., 2020, An overview on the use of nanotechnology in the renewable energy field. International Journal of Energy Applications and Technologies, 7(4), 143–148.
[16] Rezaei, M., Bostani, H. A., Bani Adam, F., 2016, Investigating the applications of nanotechnology in the process of solar energy electricity production. Proceedings of the 4th specialized conference on nanotechnology in the electricity and energy industry; 2016 August, Tehran, Iran.