DOR: 20.1001.1.24234931.1398.6.2.2.4
Archive of SID
مقاله
تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۱۷
تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۱۳
سال ششم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۸، ص ص ۱۲ - ۱۸
فصل‌نامه علمی – ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو
jrenew.ir

کاربرد نانو تکنولوژی در صنعت تولید برق

امیر کریم دوست یاسوری
استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه لرستان، خرم آباد
خرم آباد، صندوق پستی ۴۶۵، yasuri.am@lu.ac.ir

چکیده
امروزه به دلیل پیشرفت سریع فنّاوری و نیاز روزافزون به تولید انرژی، سعی بر این است که با به کار گیری فناوری‌های جدید به تولید هر چه بیشتر الکتریسیتهٔ پاک و ارزان دست یابیم. در این زمینه فناوری نانو نقش بسزایی در بهبود عملکرد قسمت‌های مختلف نیروگاه‌ها ایفا می‌کند. استفاده از نانو سیالات در سیستم خنک‌کننده ژنراتورها موجب کاهش هزینه خنک کاری و افزایش بازده نیروگاه‌ها می‌شود. اخیراً به‌کارگیری نانو ذرات ۵۲W در تولید نانولوب‌ها برای روانکاری سطوح مشکلات روغن‌های روانکار قدیمی را برطرف کرده است. تولید نانو الیاف‌ها که در تصفیهٔ هوای ورودی توربین‌های گازی استفاده می‌شوند موجب افزایش سطح حفاظت از توربین‌ها می‌شود. نانو پوشش‌های سد حرارتی (TBC) از اهمیت بالایی جهت ایزوله کردن حرارتی اجزای داغ پره‌های توربین گازی برخوردارند. سلول‌های خورشیدی ساخته شده با فناوری نانو بازدهی سلول‌های خورشیدی را به ۳۵ درصد رسانده‌اند. نانو کامپوزیت‌های پلیمری و نانو لوله‌های کربنی دارای خواص ضد رطوبتی و ضد حرارتی هستند که موجب افزایش استحکام و مقاومت پره‌های توربین بادی می‌شوند. این مقاله به بررسی اجمالی کاربرد فناوری نانو در صنعت تولید برق جهت ارتقای بازدهی تجهیزات در بخش‌های مختلف نیروگاه‌ها و همچنین کاهش هزینه‌های تولید انرژی می پردازد. روش کار به صورت گردآوری و انعکاس مباحث و نوشته‌های مختلف مرتبط با علم نانو در تولید انرژی در سایر تحقیقات، مقالات، پروژه‌ها وگزارش‌ها می‌باشد.

کلیدواژگان: نانو فنّاوری، صنعت برق، تجهیزات نیروگاهی

Application of Nanotechnology in the Power Generation Industry

Amir Karimdoost Yasuri

Department of Mechanical Engineering, Lorestan University, Khuramabad, Iran.
P.O.B. 465 Khuramabad, Iran, yasuri.am@lu.ac.ir
Received: 8 September 2018 Accepted: 2 February 2019

Abstract
Today, due to rapid technological advancement and the growing need for energy production, it is trying to get the best possible clean and cheap electricity with the use of new technologies. In this regard, nanotechnology plays a significant role in improving the performance of various parts of the power plants. The use of nano-fluids in cooling systems of generators reduces the cost of cooling and increases the efficiency of power plants. Recently, the use of WS_2 nanoparticles in the production of nanowires for lubricating has resolved the problems of old lubricants. The production of nano-fibers used in the air purification of gas turbines improves the protection level of turbines. Thermal barrier coatings (TBCs) are of great importance for the thermal insulation of the hot components of the gas turbine blades. Nanocrystalline solar cells have increased the efficiency of solar cells by up to 35%. Polymer nano-composites and carbon nanotubes have anti-moisture and anti-thermal properties that increase the strength of wind turbine blades. This paper examines the application of nanotechnology in the power industry to improve the efficiency of equipment in different parts of power plants as well as reduce energy costs. The methodology is to collect and reflect various topics and literature related to nanoscience in energy production from other research, papers, projects and reports.

Keywords: Nano-technology, Electrical industry, Power plant equipment

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

بحث نانو تکنولوژی یکی از رایج‌ترین مباحث مجامع علمی دنیاست و کشورهایی که نتوانند در این فناوری موفقیت مناسبی به دست آورند در آینده در بسیاری زمینه‌ها از گردونهٔ رقابت اقتصادی خارج می‌شوند. از سوی دیگر نانو تکنولوژی به سبب بهبود کیفیت ابزارها، مصرف کمتر مواد اولیه، مصرف کمتر انرژی، کاهش تولید مواد زائد و افزایش سرعت تولید در کشورهای پیشرفته به عنوان مهمترین روش تولید و ساخت این ابزارها مطرح است. همچنین به کمک این فناوری گام‌های مؤثرتری در جهت کاهش آلودگی زیست محیطی حاصل از سوخت‌های فسیلی، برداشته شده است. از این رو مهمترین بسترهای بکارگیری نانو تکنولوژی در ساخت و تولید سلول‌های انرژی‌های نو (مثل سلول‌های خورشیدی و پیل‌های سوختی)، کاهش آلاینده‌های زیست محیطی نیروگاه‌های گاز سوز (با استفاده از کاتالیت‌های احتراق) و افزایش راندمان این نیروگاه‌ها (با به کارگیری نانو پوشش‌ها و نان مگنت‌ها) است [۱]. با توجه به اینکه هدف نانو تکنولوژی، طراحی، ساخت و استفاده از محصولات در ابعاد بسیار ریز می‌باشد، شاید بتوان با تکیه بر علم نانو و بکارگیری شیوه‌های جدید در افزایش بازدهی صنعت تولید برق آینده‌ای روشن برای این صنعت رقم زد و جهشی عظیم در رفاه و کیفیت زندگی و اقتصاد کشور ایجاد کرد.

صنعت برق به دلیل نقش‌های اساسی و ارتباط تنگاتنگ با عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی- صنعتی، صنعتی پویا و تأثیر گذار است و افزایش کارایی و بهره‌وری در آن از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. بخش تولید برق مهم‌ترین و در عین حال پر هزینه‌ترین بخش در صنعت برق می‌باشد. بنابراین با ورود رویکردهای جدید نسبت به این صنعت، امروزه چالش‌های بزرگی در صنایع و حوزه‌های مختلف به وجود آمده است. در این بین فناوری نانو که امروزه در بسیاری از صنایع نفوذ کرده است، در نیروگاه برق نیز در حال ایفای نقش می‌باشد. رمز موفقیت کشورها در مقیاس کوچک‌تر بنگاه‌های اقتصادی، تولید محصول و ارائه خدمات با ارزش افزوده بیشتر است. دستیابی به این هدف بدون تکیه بر دانش روز، مواد و فناوری‌های نوین میسر نخواهد شد [۲].

هدف اصلی این مقاله کاربردی‌تر شدن فناوری نانو در صنعت تولید برق جهت ارتقای بازدهی قسمت‌های مختلف نیروگاه‌ها و بهبود مسائل اقتصادی است. هدف فرعی این نوشتار به قرار زیر است:

۱. تولید تجهیزات نیروگاهی با کیفیت بالا با بکارگیری علم نانو

۲. آموزش مباحث مرتبط با تکنولوژی نانو در صنعت برق به افراد علاقه‌مند در این زمینه

در این مقاله به گردآوری و انعکاس نقطه نظرهای مختلف در تحقیقات، مقالات، پروژه‌ها و نوشته‌های مرتبط با علم نانو و کاربرد آن در صنعت تولید برق پرداخته می‌شود.

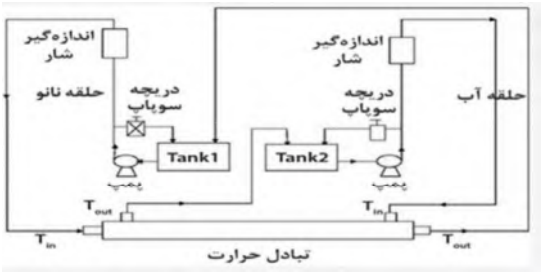
۲- پیشینه پژوهش

تاریخ علم، پدیده‌های متعدد و فراوانی در صفحات خود جای داده است. با پیشرفت دانش بشری و نزدیکی به مرزهای حقیقی در علم کوانتوم و پدید آمدن واژه‌ای به نام «نانو» انقلاب عظیمی در دنیای علم صورت گرفت. امروزه نیز پیشرفت‌های زیادی در عرصه نانو جهت دقیق کردن تعریف این دانش به وجود آمده است. به بیان ساده‌تر فناوری نانو در جهان از چهل سال پیش تا کنون که نانو تکنولوژی وکاربردهای وسیعی که این فناوری را به عنوان یک زمینهٔ فرا رشته‌ای وفرابخشی مطرح نموده است بلکه می‌توان این علم و ابعاد آن را فراتر از حال دانست و عنوان کرد که نانو تکنولوژی بخشی از آینده نیست بلکه خود آینده است [۳]. یکی از چالشهای جدی قرن بیست و یکم، توسعه فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر ناشی از مسائل مرتبط با تولید و استفاده از انرژی است. تحقیقات [۴-۵] نشان داده است که نانوتکنولوژی کلید حل این مشکل است. تحقیقی دیگر درباره اهمیت نانوتکنولوژی در صنعت کلکتورهای خورشیدی، حاکی از افزایش راندمان این وسایل از طریق بکارگیری نانوسیال در میدان کلکتور خورشیدی است [۶]. صنعت برق از این تلاش‌های فناوری نانو برای استفاده در اجزای آن استفاده می‌کند، مانند ترانسفورماتورهای الکتریکی که به عنوان عناصر کلیدی در شبکه برق در نظر گرفته می‌شوند[۷]. نانومواد برای افزایش عملکرد سلول های فتوولتائیک و باتری‌های ذخیره سازی برای مخازن برق و ذخیره‌سازی برای هیدروژن مورد استفاده به عنوان سوخت خودرو کاربرد دارند. بسیاری از برنامه‌های کاربردی غیرمستقیم هستند: برای مثال، کاهش اصطکاک در ماشین آلات متحرک، از جمله توربین های بادی؛ و وسایل نقلیه سبک وزن با جایگزینی فلز با نانوکامپوزیت - که اثر آنها صرفه جویی در مصرف انرژی است[۸]. یافته دیگر نشان داده است که با استفاده از نانومواد، تشعشع ورودی می‌تواند تا ۹ برابر افزایش یابد[۹]. یکی از حوزه‌های مهمی که با استفاده از این فناوری امکان تأمین نیازهای صنعت با خواص بهتر، کاهش هزینه‌ها وتلفات انرژی وجود دارد، صنعت برق است. با توجه به کاهش ذخایر نفتی وافزایش نیاز جهانی برای تأمین انرژی به کار گیری فناوری نانو در حوزهٔ برق و انرژی مورد توجه فراوان قرار گرفته است. پیش‌بینی می‌شود که با بهره گیری از فناوری نانو تولید برق به میزان ۲۰ تا ۲۵ درصد تا سال ۲۰۲۰ افزایش یابد [۱۰].

در ادامه به موارد کاربرد نانوتکنولوژی در حوزه‌های مختلف صنایع تولید برق پرداخته می‌شود.

۳- خنک کاری ژنراتور نیروگاه و الکترو موتورها

یکی از کاربردهای فناوری نانو برای رفع چالش‌های مربوط به خنک-سازی استفاده از نانو سیالات می‌باشد. اندازه ذرات مورد استفاده در نانو سیالات از ۱ نانومتر تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشند. این ذرات از جنس ذرات فلزی همچون مس (cu)، نقره (Ag) و یا اکسیدهای فلزی همچون آلومینیم اکسید (Al_2O_3)، اکسید مس (CuO) و ... هستند. این مواد به دلیل قابلیت انتقال حرارت بالا جهت افزایش خواص خنک کنندگی مانند فلوی گرمایی بالا و قابلیت‌ترشوندگی در غلظت متوسط که مشخصهٔ مفیدی در نیروگاه‌ها است، استفاده می‌شوند [۱۱]. سیستم پیشنهادی برای انتقال حرارت به کمک نانو سیال (آب +نانو ذرات Al_2O_3) در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ سیستم پیشنهادی برای انتقال حرارت بوسیله نانو سیال Al_2O_3

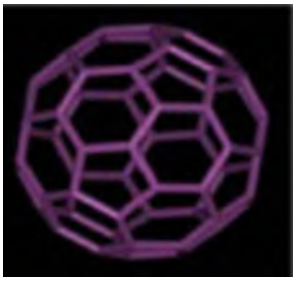
www.SID.ir

Archive of SID

با افزایش نرخ فلوی ذرات میزان ضریب انتقال حرارت افزایش می‌یابد و به این ترتیب با افزایش غلظت Al_2O_3 ضریب انتقال حرارت افزایش می‌یابد [۱۲]. محققان پارک علم و فناوری دانشگاه تهران برای نخستین بار در دنیا با استفاده از فناوری نانو برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع مختلف موفق به طراحی و ساخت نانو سیال خنک کننده صنایع خودروسازی و نیروگاهی شدند. این محصول (نانو سیال خنک کننده) برای خنک سازی مبدل‌های حرارتی و افزایش راندمان و سرعت تولید واحدهای صنعتی مانند نیروگاه‌ها، برج‌های خنک کننده، دیزل ژنراتورهای صنعتی و کوچک، انواع چیلرها و سیستم‌های برودتی و همچنین خودروهای سبک و سنگین و ... کاربرد دارد. این محصول برای نخستین بار در جهان در صنعت نیروگاهی ایران مورد استفاده قرار گرفته که به افزایش راندمان سیستم‌های خنک کاری در نیروگاه‌ها کمک شایانی می‌کند. این محصول در نیروگاه نوشهر مورد بررسی قرار گرفت و با همان سوخت نیروگاه توانست تولید برق را تا ۸ مگا وات افزایش دهد [۱۳].

۴- کاربرد نانو ذرات به عنوان افزودنی به روانکارها

روانکاری[1]علم تسهیل حرکت نسبی سطوح در تماس با یکدیگر تعریف شده است. عدم روانکاری صحیح ماشین آلات، علاوه بر آنکه باعث تقلیل راندمان مکانیکی و پایین آمدن بازده زمانی می‌شود، منجر به فرسایش بیش از حد، فرسودگی و از کارافتادگی زودرس آنها نیز می‌شود. امروزه برای روانکاری قطعات درگیر– به منظور کاهش بیشتر اصطکاک و سائیدگی– از نانو ذرات ۵۲W استفاده می‌شود. نانو ذرات ۵۲W، ذرات کروی شکلی هستند که از آنها در تولید محصولی به نام نانو لوب[2]استفاده می‌شود. این محصول که بسیار بهتر از روان‌کننده‌های معمولی عمل می‌کند، سبب کاهش اصطکاک و سایش، به خصوص در مواقع بارگیری زیاد شده و علاوه بر آن سبب افزایش طول عمر دستگاه و کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات می‌شود. نانو ذرات کروی شکل موجود در نانو لوب بسیار ریز هستند و می‌توان گفت هنگام قرار گرفتن بین دو سطح به صورت بلبرینگ‌های بسیار کوچک عمل می‌کنند. روان کنندهٔ نانو لوب به صورت افزودنی به روان کننده‌های مایع، گریس‌ها، به صورت پودر جامد، پوششی نازک کامپوزیتی روی فلز و به صورت لایه پلیمری کامپوزیتی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. روان کننده دارای نانو ذرات ۵۲W، در روی سطوح زبر به خوبی عمل می‌کنند. این امر به این معناست که سطوحی که روی هم می‌لغزند دیگر لازم نیست به صورت کاملاً یکنواخت و صاف باشند [۱۴]. برخی نانو افزودنی‌های روغن موجود در بازار عبارتند از: نانو الماس، نانو فلوئور، نانو ذرات طلا و نانو ساختارهای کربنی مانند فولرین. ساختار سه بعدی فولرین درشکل ۲ نشان داده شده است [۱۵].



شکل ۲ ساختار سه بعدی فولرین

روغن‌های دارای فولرین را می‌توان به عنوان روغنهای ضد اصطکاک نام برد. مولکول‌های فولرین به صورت اجسام چرخنده عمل می‌کنند و سبب جداشدن سطوح در حال تماس از یکدیگر می‌شوند. به خاطر مقاومت و پایداری بالای فولرین‌ها، در شرایط بارگذاری بالا نیز خصوصیت چرخش بلبرینگ مانند خود را حفظ می‌نمایند [۱۶]. یکی از نمونه‌های روانکاری و بلبرینگ در صنعت نانو، نمونه نانو الماس پتنت شده از شرکت نانو تک لابریکانت[3]می‌باشد که قادر به تزریق میلیون‌ها نانو الماس به روغن است. در جدول ۱ نمونه‌ای از تکنولوژی‌های مختلفی که در زمینه روانکارها استفاده می‌شود، آورده شده است [۱۵].

جدول ۱ فناوری‌های موجود در زمینه نانو ذرات مورد استفاده در روانکارها

مشخصه	فناوری	مکان	نام محصول
غیر قابل حل در روغن	بوریک اسید جامد	تحقیقاتی	بوریک اسید
سوسپانسیون	کلرید فلز در خاک	MI,USA	CerMet
کلوئید جامد	MoS_2 با سطح اصلاحی	AK,USA	Nanoglide
سوسپانسیون	Al_2O_3 و SiO_2 و گرافیت	آلمان	NanoVit
کلوئید جامد	نانوذرات پلیمری با Si	CA,USA	CerMax
کلوئید جامد	نانوذرات بورات	IN,USA	DRD,Additives
کلوئید جامد	نانوذرات مبتنی بر بورات Si	Calgary	Maryn Rs-037

۵- سامانه فیلتراسیون در ورودی هوای[4]توربین گاز

معمولاً در محیط، ذرات معلق زیادی وجود دارد که به نسبت ارتفاع از سطح زمین، قطر آن‌ها کمتر می‌شود. با توجه به اینکه ورود این ذرات به توربین گاز می‌تواند مشکلاتی را در کارکرد آن به همراه داشته باشد، تمامی توربین‌های گاز مجهز به سامانه‌های فیلتر متعددی جهت تمیز کردن این هوای ورودی هستند. شکل ۳ قسمت سامانه فیلتراسیون در ورودی هوای توربین گازی را نشان می‌دهد [۱۷].

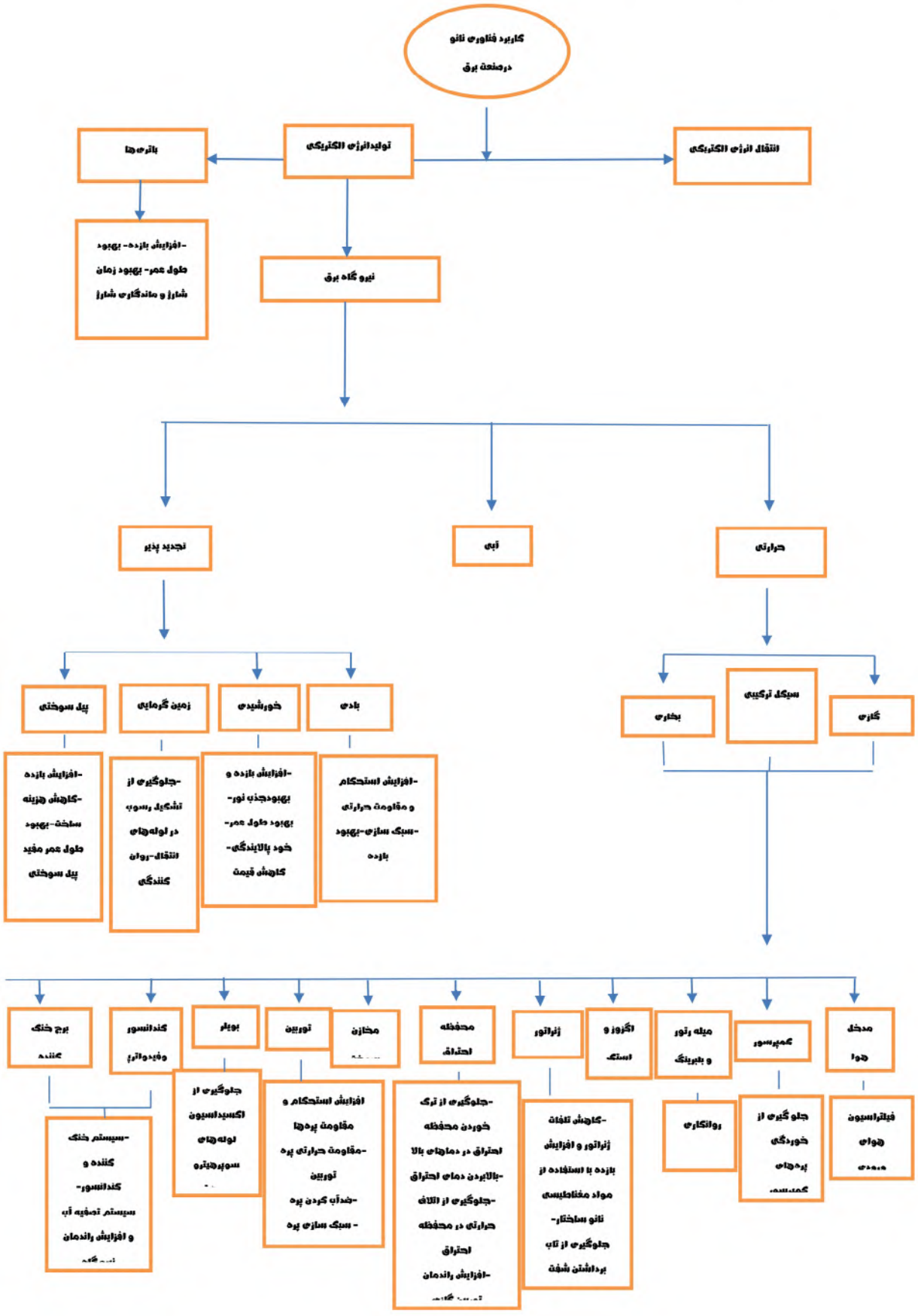
شکل ۳ قسمت سامانهٔ فیلتراسیون در ورودی هوای توربین

کاغذهای فیلتر پوشش داده شده با نانوالیاف جدیدترین تحول در صنعت فیلتر ورود نانو تکنولوژی به این عرصه می‌باشد. با این تکنیک، سطح الیاف بزرگ سلولوزی و یا مصنوعی (معمولاً با قطر ۱۰ تا ۳۰ میکرومتر) با لایه‌ای از الیاف بسیار ریز نانو (معمولاً با قطر ۵۰ تا ۴۰۰ نانومتر) پوشانده می‌شود، کاربرد اصلی این تکنولوژی در سیستم‌های تصفیهٔ هوای توربین‌های گازی مجهز به سیستم پالس کلینینگ می‌باشد.

[1] Lubrication
[2] Nanolub
[3] Nano Tech Lubricant
[4] Air inlet, Air intake

www.SID.ir

در یک نمای کلی می‌توان نمودار درختی کاربرد فناوری نانو در صنعت برق را بصورت زیر نشان داد:



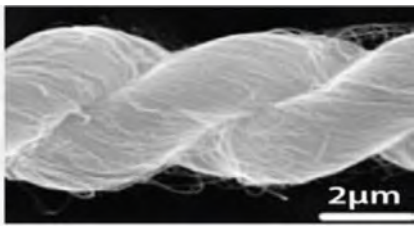
www.SID.ir

Archive of SID

مزایای کاربرد نانو فناوری در فیلتراسیون:

- افزایش سطح حفاظت از توربین
- افزایش طول مدت کارکرد فیلتر [۱۸].

شرکت H&V اخیراً نانو وب‌هایی[۲] را تولید کرده است که در این نوع پوشش می‌توان به فیلتراسیون با راندمان و ماندگاری بیشتر نسبت به انواع قبلی دست یافت. نمونه‌ای از این نانو الیاف در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴ نمونه‌ای از نانو الیاف تولید شده در شرکت H &V

این فناوری پیشرفته در نانو الیاف، کاربردهای فراوانی برای بهبود خواص سدکنندگی، پالایش مایعات و گازها خواهد داشت. این فناوری شامل یک ساختار میکرو متخلخل، بادوام و کنترل فرایندی بی نظیر است [۱۹].

۶- استفاده از نانو پوشش‌های سد حرارتی[۳] در پره توربین گازی

پره‌ها در توربین‌های گازی باید از دمای بالا و برخورد مستقیم با گازهای احتراق حفظ شود و با به کارگیری پوشش محافظ، ضمن ایجاد سد حرارتی از تسریع خوردگی نیز جلوگیری کرد.

فناوری نانو با ایجاد پوشش‌های سد حرارتی (TBC) می‌تواند بر مشکلات پوشش‌های متداول فائق آید و ضمن ایجاد پوشش مستحکم، پره را از شرایط دمای بسیار بالا و گاز احتراق که به شدت خورنده است، محافظت کند. این پوشش‌ها به دلیل اینکه به صورت لایه نازک هستند، باعث ایجاد تنش‌های پسماند بسیار کمتری در پوشش شده و با مصرف کم‌تر مواد، هم هزینه‌ها را کاهش می‌دهند و هم استحکام مکانیکی و مقاومت به رشد ترک بالاتری دارند. شرکت آمریکایی GE[۴] از نانو پوشش‌های فوق در ساخت پره توربین گازی استفاده کرده است [۲۰]. پوشش‌های سد حرارتی از اهمیت بسزایی جهت ایزوله کردن حرارتی اجزای داغ، برخوردارند چرا که این پوشش، فلز را ایزوله می‌کند و باعث می‌شود که با بالاتر رفتن دمای کاری، بازدهی موتور افزایش یابد، دمای اجزای فلزی پایین‌تر بیاید و در نتیجه خوردگی دیرتر صورت گیرد و احتیاج کمتری به خنک کننده باشد. معمولاً برای ساخت این مواد از لایه‌های نانومتری اکسید آلومینیوم (Al_2O_3) و اکسید سیلیسیوم (Sio_2) استفاده می‌شود. مهم‌ترین آسیب‌های وارد شده به پوشش‌های سد حرارتی، پوسته شدن در فصل مشترک پوش سرامیکی – فلز می‌باشد. دلیل این تفاوت اکسیداسیون پوشش اتصالی و تغییر سریع درجه حرارت در توربین گاز می‌باشد. این مشکل را می‌توان با استفاده از مواد نانو ساختار برای پوشش سد حرارتی بهبود بخشید. در واقع فلزات نانو ساختار با کاهش اندازه دانه، سختی و استحکام بالاتری دارند و در نتیجه مواد نانو ساختار می‌توانند در پوشش‌های سد حرارتی کاربرد داشته باشند [۲۱].

۷- سلول‌های خورشیدی ارزان با استفاده از فناوری نانو

سلول‌های خورشیدی سیلکونی ساخته شده بر اساس فناوری‌های رایج، حداکثر در حدود ۲۵ در صد در مقیاس آزمایشگاهی (بدون ملاحظهٔ هزینه) و در نوع تجاری (با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی) حدود ۱۴ درصد بازدهی دارند. این کارایی بسیار پایین به دو عامل بستگی دارد: عامل اول این است که سیلیکون محدودهٔ بسیار کوچکی از طیف نور را جهت تبدیل به جریان الکتریسیته، جذب می‌کند (این محدوده به گاف ممنوعهٔ سیلیکون ارتباط دارد)، بقیهٔ نور هم یا جذب نمی‌شود، یا به صورت گرما تلف می‌شود. عامل دوم این است که بخشی از انرژی جذب شده به علت رسانایی ضعیف و وجود مقاومت در داخل سلول خورشیدی از دست می‌رود.

نانو مواد جدید و ساختارهای خورشیدی در مقیاس نانو می‌توانند در غلبه بر هر دو مانع به ما کمک کنند. غیر از سیلیکون نیمه رساناهای دیگر وجود دارند که می‌توانند در سلول‌های خورشیدی استفاده شوند. اگر ترکیبی از این نیمه رساناها یک به یک روی هم به صورت فیلم‌های نازک استفاده شود (در ضخامتی در حدود چند ده نانو متر)، هر لایه می‌تواند طول موج‌های مختلفی از طیف نور را جذب کند، بنابراین مجموع انرژی دریافت شده، افزایش می‌یابد. به این سلول‌های خورشیدی، سلول‌های چند اتصالی گفته می‌شود. در این سلول‌ها به جای یک اتصال N-P ، چند اتصال N-P دارند. نام جدید این سلول‌ها، سلول‌های خورشیدی رنگین کمانی است. چنین سلول‌هایی تا ۳۵ درصد بازدهی به دست آورده‌اند. یکی از فرصت‌های فناوری نانو برای سلول‌های خورشیدی نقاط کوانتومی هستند. پیش بینی می‌شود که در آینده نقاط کوانتومی پر بازده‌ترین سلول‌های خورشیدی را با حدود ۸۵ درصد کارایی ایجاد کنند. نقاط کوانتومی می‌توانند در اندازه‌ها و ترکیبات شیمیایی مختلف تولید شوند تا تمام طول موج‌های نوری را جذب کنند. نقاط کوانتومی نانو ذرات نیمه رسانا هستند که یکی از خصوصیات آنها داشتن فاصله انرژی (گاف ممنوعه) متناسب با اندازه است. یکی از فناوری‌های جدید تولید سلول‌های خورشیدی، ساخت لایه‌های بسیار نازک است این سلول‌های خورشیدی هر چند کم بازده هستند اما با نصب صفحات متشکل از این سلول‌های منعطف در بخش فوقانی ساختمان‌ها یا دیوارها، به طور موثری از فضای ساختمان استفاده می‌شود. برای مشکل دوم که اتلاف انرژی در انتقال جریان در مدارهای سلول‌های خورشیدی است، ساختمان کریستال نیمه رساناها باید برای انتقال جریان الکتریسیته مناسب باشد. نانو لوله‌های ابر رسانا در این زمینه کارایی خواهند داشت [۲۲]. در حال حاضر تحقیقات بر سلول‌های خورشیدی پلیمری به عنوان جایگزین سلول‌های سیلیکونی در حال انجام است. در شکل ۵ نمونه‌ای از سلول‌های خورشیدی پلیمری نشان داده شده است.

---

[۱] نام دقیق این شرکت Hollings worth and vose می‌باشد که در ایالت متحده آمریکا قرار دارد ودر سال ۱۸۴۳ تأسیس شده است. این شرکت پیشرو در امر تولید کاغذهای مهندسی و سیستم های بافته نشده است.

[۲] Nanoweb

[۳] Thermal Barrier Coating

[۴] General Electric

www.SID.ir

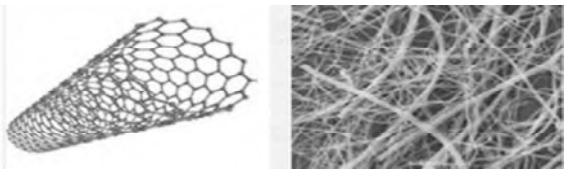
Archive of SID

شکل ۵ نمونه‌ای از سلول‌های خورشیدی پلیمری

قیمت سامانه‌های پلیمری به دلیل امکان تولید انبوه با روش‌های ارزان، در مقایسه با سامانه‌های سیلیکونی کمتر است. به نحوی که قیمت این سامانه‌ها در یک سال به سرعت کاهش یافته است (از ۳۵ یورو به ۸ یورو به ازای هر وات انرژی). هر چند طول عمر سلول‌های خورشیدی پلیمری در مقایسه با انواع سیلیکونی به مراتب کمتر است، لیکن قیمت کمتر، سبک‌تر بودن مواد پلیمری نسبت به مواد سیلیکونی، انعطاف بیشتری و قابلیت تولید مستقیم بر سطوح مختلف نظیر پلاستیک از جمله مزایای قابل توجه این سامانه به شمار می‌روند [۲۳].

۸- پیشرفت پره‌های توربین بادی با استفاده از نانو لوله‌های کربنی و نانو کامپوزیت‌های پلیمری

پره‌ها در توربین بادی قطعه‌ای مهم محسوب می‌شوند. بیش از ۲۰ در صد هزینه ساخت توربین بادی، مربوط به این قطعه می‌باشد. از آنجایی که پره‌های توربین بادی تحت تأثیر نیروهای خارجی متعددی قرار دارند (از جمله نیروهای خمشی، فشردگی، تنش و غیره)، بایستی مواد سازندهٔ آنها از استحکام و عملکرد مکانیکی بالایی برخوردار و در برابر خوردگی بسیار مقاوم باشند. در انتخاب این مواد سازنده، عوامل ساختاری مختلفی مانند، کارایی، چگالی و ثبات زیست محیطی در نظر گرفته می‌شود که نهایتاً منجر به بهبود کارایی توربین بادی می‌گردند. تیم علمی زیست محیطی و فناوری مواد کامپوزیتی پلیمری در آکادمی علمی چین، اقدام به بررسی قابلیت و مزیت‌های منحصر به فرد نانو کامپوزیت‌های پلیمری و نانو لوله‌های کربنی به کار رفته در ساختار پره‌های توربین بادی کرده‌اند. نانو لوله‌های کربنی یا CNTS از صفحات کربن با ضخامت یک اتم و به شکل استوانه‌ای تو خالی ساخته شده‌اند (مطابق شکل ۶) و نوعی از نانو مواد لوله‌ای شکل تک بعدی هستند که دارای ویژگی‌های منحصر به فرد مکانیکی، الکتریکی و حرارتی می‌باشند.



شکل ۶ تصویر میکروسکوپی نانو لوله‌های کربنی سمت راست و نحوهٔ چیدمان اتم‌های کربن سمت چپ

با اضافه نمودن مقدار کمی از نانو لوله‌های کربنی CNTS به ماتریکس پلیمری (کمتر از یک درصد وزنی)، می‌توان ویژگی‌های مواد سازنده را به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود داد. به عنوان مثال چنانچه به یک نوع رزین اپوکسی مخصوص پره توربین، معادل ۵ درصد وزنی از نانو لوله‌های کربنی اضافه شود، هدایت حرارتی مواد سازنده بیش از ۸۰ درصد افزایش می‌یابد. نانو کامپوزیت‌ها نوعی از کامپوزیت‌ها هستند که فاز پراکنده آنها، نانو ذره است و شامل سه نوع نانو کامپوزیت‌های پایه پلیمری، نانوکامپوزیت های پایه سرامیکی و نانو کامپوزیت‌های پایه فلزی می‌باشند. ابداع نانو پرکننده‌ها می‌تواند ویژگی‌های مکانیکی مواد کامپوزیتی را بهبود بخشد. از جمله این ویژگی‌ها می‌تواند به مدول، استحکام و مقاومت در برابر خوردگی اشاره نمود. دستیابی به این ویژگی‌ها در کامپوزیت‌های پلیمری سنتی به سختی و یا تقریباً غیر ممکن است. در ساختار پره توربین بادی، می‌توان نانو مواد کربنی را به اجزاء سازنده (الیاف، شیشه یا ماتریکس) کامپوزیت‌های FRP اضافه نمود. با این کار ضمن بهبود خواص ماتریکس، بر هم کنش سطحی میان الیاف و ماتریکس FRP افزایش می‌یابد و نهایتاً موجب ارتقاء عملکرد پره‌های توربین بادی می‌گردد. محققان پس از آنالیز پایداری زیست محیطی نانو لوله‌های کربنی و کامپوزیت‌های نانو پلیمری، دریافتند که نانو مواد کربنی می‌تواند از پره‌های توربین بادی در برابر رعد و برق محافظت نمایند. این مواد دارای خواص ضد رطوبتی و ضد حرارتی مناسبی هستند [۲۴].

در مناطق سرد سیر نیروی وزش باد بسیار قوی است که با این حال نصب توربین بادی در این مناطق به ندرت اتفاق می افتد. دلیل این امراحتمال یخ زدگی پره‌های این توربین‌هاست، با کاهش دما به زیر صفر، مولکول‌های آب روی سطح پره‌ها یخ می‌زند و موجب چالش هرکولین می‌شود. هرکولین زمانی اتفاق می‌افتد که ذرات یخ حالت آیرودینامیکی پره را از بین برده و کارایی آن را کاهش می‌دهد. علاوه بر کاهش تولید انرژی، این پدیده مشکل دیگری را نیز رقم می زند. وجود یخ در لبهٔ پره‌ها موجب عدم توازن در پره‌ها شده و در نهایت احتمال شکسته شدن زود هنگام پره‌ها وجود دارد. برای حل این مشکل، اتحادیه اروپا اقدام به راه اندازی پروژه‌ای موسوم به Wind heat کرده که با همکاری شش مرکز در اروپا انجام می‌شود. در این پروژه به رهبری موسسه فرانهوفر آلمان انجام می‌شود، یک سیستم ضد یخ برای پره توربین‌ها طراحی و ساخته می‌شود. سیستم ضد یخ فعلی مصرف انرژی بالایی دارد به طوری که صرفه نظر از این که کجای پره‌ها یخ زده، تمام پره گرم می‌شود. اما در این پروژه، کل پره به بخش‌های کوچک‌تری تقسیم شده و هر بخش با استفاده از یک لایه نانو لوله کربنی پوشش دهی می‌شود و سپس هر بخش به یک حسگر متصل می‌شود به طوری که با یخ زدن یک بخش از پره، تنها همان بخش شناسایی و گرم می‌شود. این پیمایشگر کوچک، رطوبت و دمای هوا را به صورت دائمی رصد کرده و زمانی که آب شروع به یخ زدن می‌کند، هشدار می‌دهد. با اعلام هشدار، سیستم گرمایشی به سرعت شروع به کار می‌کند و پره گرم می‌شود. با آب شدن یخ، حسگر و پوشش نانو لوله کربنی به سرعت سیستم گرمایشی را خاموش می‌کند. با این کار کارایی تولید انرژی ۱۸ درصد افزایش می‌یابد [۲۵].

۹- نتیجه گیری

با توجه به پیشرفت سریع نانو تکنولوژی و دخالت آن در همهٔ رشته‌ها و همچنین با توجه به مطالب گفته شده در مقاله می‌توان دریافت که تکنولوژی نانو می‌تواند ما را در تولید انرژی مورد نیاز جامعه یاری نماید و با بکارگیری این تکنولوژی در صنعت تولید برق می‌توان هزینهٔ ساخت توربین‌ها، ژنراتورها، سلول‌های خورشیدی، پیل‌های سوختی، توربین‌های بادی و سایر تجهیزات نیروگاهی را به طرز چشم‌گیری کاهش داد که این امر کمک شایانی به اقتصاد کشور می‌کند. از طرفی امروزه به دلیل ایجاد آلودگی‌های شدید زیست محیطی ناشی از استفادهٔ بیش از حد از انرژی‌های فسیلی در جهان و

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین رو به اتمام رفتن این منابع باید به فکر جایگزین مناسبی برای این منابع باشیم که استفاده از منابع جدید انرژی مانند انرژی‌های تجدید پذیر خورشیدی، بادی و ... نیازمند بهره‌گیری از فناوری‌های جدید برای تبدیل انرژی می‌باشد از این رو فناوری نانو می‌تواند تأثیر عمده‌ای در این زمینه داشته باشد.

مراجع

[1] www. Barghkar20.blogfa. com

[۲] *کاربردهای فناوری نانو در بخش تولید انرژی الکتریکی*، ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو، ۱۳۸۸.

[۳] نشریهٔ علمی آموزشی آینده پژوهی، شماره یازدهم، *ویژه نامه فناوری‌های نوین*، بهمن ماه ۱۳۹۳.

[4] A. K. Hussein, Applications of nanotechnology in renewable energies—A comprehensive overview and understanding, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 42, pp. 460-476, 2015.

[5] A.E.Oke, C. O. Aigbavboa, K. Semenya, Energy Savings and Sustainable Construction: Examining the Advantages of Nanotechnology, *Energy Procedia*, Vol.142, pp. 3839-3843, 2017.

[6] A. K. Hussein, Applications of nanotechnology to improve the performance of solar collectors – Recent advances and overview, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 62, pp.767-792, 2016.

[7] J.E. Contreras, E.A. Rodriguez, J. Taha-Tijerina, Nanotechnology applications for electrical transformers—A review, *Electric Power Systems Research*, Vol.143, pp. 573-584, 2017.

[8] J.J. Ramsden, Chapter 7 - Nanotechnology for Energy, *Applied Nanotechnology (Third edition) The Conversion of Research Results to Products Micro and Nano Technologies*, pp.105-118, 2018.

[9] Z. Abdin, M. A. Alim, R. Saidur, M. R. Islam, W. Rashmi, S. Mekhilef, A. Wadi, Solar energy harvesting with the application of nanotechnology, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 26, pp. 837-852, 2013.

[۱۰] *محصولات فناوری نانو در صنعت برق*، ستاد ویژهٔ توسعه فناوری نانو، پاییز ۱۳۹۴.

[11] K. Myoung-Suk, Design Process of the nanofluid injection mechanism in nuclear power plants, *Nanoscale research letters*, Vol.6, No.1, pp. 1-10, 2011.

[12] J. Albadr, T. Satinder and A. Mushtaq, Heat transfer through heat exchanger Using AL_2O_3 nanofluid at different Concentrations, *case studies in thermal Engineering*, Vol.11, pp.3844-3849, 2013.

[13] http: www.bpdanesh.ir

[14] Vista.ir/ article/ 26741

[15] B. Chandler, *specialty Lubricant Additives that Reduce wear in Heavy Equip men*, Maryn Labor stories.

[۱۶] ر. طاهری، نقش نانو روانکارها در افزایش راندمان و کاهش هزینه‌های نت موتور، *سومین کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات*، ۱۳۸۴.

[17] http://gasturbinepg.blogfa.com

[18] www. Behranfilter.com/ far- products- nano. htm

[19] P. Wilson, M. Gessner, and S. Medvetz. Dramatic Reduction of Gas Turbine Fouling Hepa composite Membrane Air Intake Filter.

[20] hightempcorrosion. blogfa. com / post

[۱۵] م. دلفان و د. قاسمی، کاربرد پوشش‌های جدید نانو ساختار در قطعات توربین‌های گازی، *هفتمین سمینار ملی مهندسی سطح و عملیات حرارتی*، ۱۳۸۵.

[21] www. Tebyan. net / nex. aspx? pid = 214312

[22] C. Brabec, Organic photovoltaics: technology and market, *Solar Energy Materials and solar cells*, No 2-3, pp. 273 -292, 2004.

[23] www.ircomas.org /Persian /?-extension

[24] www.Yjc.ir/fa/news/5107871

www.SID.ir