

مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو • گزارش شماره ۱۰۴

کاربردهای فناوری نانو در مدخل هوای ورودی توربین‌های گازی

سال انتشار: ۱۳۹۴

ویرایش نخست



ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

طراحی و اجرا:	توسعه فناوری مهریژن	تلفن:	۰۲۱-۶۳۱۰۰
نظارت:	داود قرايلو	نمابر:	۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
	report@nano.ir	پایگاه اینترنتی:	www.nano.ir
تهیه‌کننده:	کارگروه ترویج فناوری نانو در صنعت برق و انرژی	صندوق پستی:	۱۴۵۶۵-۳۴۴
	epower@nano.ir		

۳	مقدمه
۳	نانوالیاف
۶	فناوری نانو در فیلتراسیون هوای ورودی در مدخل هوا
۷	مزایای نانو فناوری در فیلتراسیون هوای ورودی
۹	تولیدکنندگان

هوای ورودی به کمپرسور نیروگاه گازی باید کاملاً تمیز و خشک (عاری از هرگونه ذرات معلق در فضای اطراف خود) باشد. زیرا از طرفی رسوب گرد و غبار روی پره کمپرسور و توربین شکل آیرودینامیکی پره‌ها را به‌طور محسوس تغییر داده و باعث صدمه دیدن آن‌ها می‌شود و از طرف دیگری باعث ایجاد احتراق نامناسب می‌گردد. بنابراین تمامی توربین‌های گازی مجهز به سامانه‌های فیلتر متعددی جهت تمیز کردن هوای ورودی هستند که در این سامانه‌ها چند ردیف فیلترهای مختلف جهت جلوگیری از ورود قطعات بزرگ تا کوچک وجود دارد در شکل ۱ این قسمت از ورودی هوای توربین گازی نشان داده شده است. در ردیف اول سامانه



شکل ۱. قسمت سامانه فیلتراسیون در ورودی هوای توربین گازی ۱۱.

ورودی هوا از توری‌هایی با مش بزرگ جهت جلوگیری از ورود قطعات بزرگ مانند پرنده‌ها و غیره استفاده می‌شود. در ردیف دوم فیلترهای فلزی قرار می‌گیرند که در آن ذرات عبوری در اثر دوران داخل فیلترها به اطراف کانال عبور هوا منتقل شده و از مسیر جریان خارج می‌شوند. در ردیف سوم از فیلترهای استفاده می‌شود که از عبور ذرات با قطر بزرگتر از ۵۰ میکرون جلوگیری کنند. معمولاً در این ردیف از فیلترهای کاغذی، پارچه‌ای (کیسه‌ای) و یا فیلترهای استوانه‌ای و کله‌قندی و کارتریج استفاده می‌شود.

بر حسب شرایط محیطی مکان نصب توربین، فیلترهای مختلفی طراحی شده‌اند. از جمله این فیلترها می‌توان به فیلترهای با راندمان بالا و خود تمیز شونده^۱ و فیلترهای رطوبت گیر جریان هوای ورودی اشاره کرد. به‌طور کلی می‌توان فیلترها را به دو نوع سیستم‌های فیلتراسیون استاتیکی و دینامیکی (خود تمیز کن) تقسیم‌بندی کرد.

چالش‌های اصلی برای این دو نوع فیلتراسیون عبارتند از:

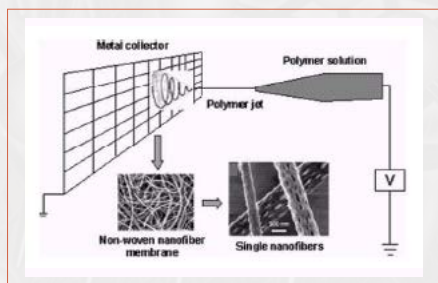
- افزایش راندمان و رابطه معکوس آن با کیفیت فیلتراسیون.
- کثیفی زود هنگام المان‌های سیستم فیلتراسیون استاتیکی که منجر به تعویض مکرر فیلترها می‌شود.
- راندمان پایین فیلتراسیون (خصوصاً فیلترهای کیسه‌ای) در سیستم فیلتراسیون استاتیکی.
- عبور خط هوای فشرده در خلاف جهت عبور هوای اصلی توسط کمپرسور از فیلترها و نتیجتاً اختلال در فشار و دبی هوای ورودی به کمپرسور.

استفاده فناوری نانو برای حل مشکلات گفته شده در فیلتراسیون مدخل هوا می‌تواند بسیار موثر واقع گردد، در این بین بیشترین توجه به استفاده از نانوالیاف^۲ در فیلتراسیون توجه بیشتری شده‌است. بنابراین در ادامه‌ی این گزارش ابتدا نانوالیاف‌ها و روش‌های ساخت آن در این کاربرد معرفی شده، سپس به بیان کاربردهای فناوری نانو در رفع مشکلات موجود در فیلتراسیون مدخل هوا و بهبود آن پرداخته شده‌است. در انتها نیز تحقیقات جدید و شرکت‌های فعال در این زمینه معرفی شده‌اند.

نانوالیاف

زمانی که قطر مواد الیاف پلیمری از میکرومتر به زیرمیکرون یا نانومتر کاهش پیدا می‌کند، خصوصیات

جالب توجهی در آن‌ها ظاهر می‌شود که از جمله آن می‌توان به نسبت بزرگ سطح به حجم (این نسبت برای یک نانوالیاف می‌تواند ۱۰۳ مرتبه بزرگتر از یک میکروالیاف باشد)، قابلیت انعطاف‌پذیری در گروه‌های عاملی سطحی و عملکرد مکانیکی عالی مانند سختی و قدرت کشسانی اشاره نمود. این ویژگی‌های برجسته، نانوالیاف‌های پلیمری را به عنوان نامزدهای مهم و مناسب برای کاربردهای ویژه معرفی می‌کند. از نظر هندسی نانوفیبرها در دسته عناصر نانومقیاس یک بعدی در کنار نانولوله‌ها و نانوسیم‌ها قرار می‌گیرند. با این حال طبیعت انعطاف‌پذیر نانوالیاف‌ها باعث می‌شود این مواد بتوانند با سایر عناصر نانو از قبیل مولکول‌های کروی (که صفر بعدی فرض می‌شوند) و فیلم‌های جامد و مایع با ضخامت نانومتری (دو بعدی) تلفیق شوند. نانوفیبر از نظر ضخامت یک نانوماده محسوب می‌شود و اگر نانوذرات داخل آن قرار بگیرند می‌تواند به عنوان یک ماده نانو ساختار یا کامپوزیت نانوالیافی محسوب گردد.



شکل ۲. نمایشی از روش الکتروریسندگی

تحقیق و توسعه بر روی نانوالیاف در سال‌های اخیر، بدلیل قابلیت قابل ملاحظه‌ای آن‌ها در افزایش عملکردی المان‌های فیلتری رشد چشمگیری داشته است [۱۱]. کاربرد فناوری نانو در ساخت نانوالیاف با اندازه‌های کوچکتر از یک میکرون سال‌هاست شناخته و کاربردی شده است. نانوالیاف پلیمری با توجه به جنس، شکل و اندازه نهایی می‌توانند توسط چندین روش از قبیل روش طراحی (کشیدن)، سنتز قالب، جدایی فاز، خودآرایی و الکتروریسندگی^۳ تهیه گردد [۱۲]، [۱۳].

اصطلاح الکتروریسندگی از ریسندگی الکتروستاتیک مشتق شده است. اساس آن به ۶۰ سال قبل برمی‌گردد. از سال ۱۹۳۴ تا، Formalas یک‌سری ثبت اختراع دربارهٔ تولید فیلامان‌های پلیمری با به کار بردن نیروی الکتروستاتیکی منتشر کرد. در سال ۱۹۵۲ Neubauer و Vonnegut جریانی از قطرات هم شکل برق‌دار با قطر ۰/۱mm تولید کردند. آنها دستگاه ساده‌ای را برای امتیازسیون الکترونی ابداع کردند. تیوب شیشه‌ای با قطر ۰/۱mm طراحی شده سپس تیوب با مقداری آب یا مایع دیگر پر می‌شود و یک سیستم الکتریکی وصل شده به منبع با ولتاژ بالا (۱۰-۵ kV) به داخل مایع فرستاده می‌شود. در سال ۱۹۵۵ Drozine پخش یک‌سری از مایعات به داخل اسپری‌ها را تحت پتانسیل‌های الکتریکی بالا بررسی کرد. او یک لوله شیشه‌ای در اندازهٔ موئین مشابه با Neubauer و Vonnegut & به کار برد. او دریافت که برای مایعات مشخص و تحت وضعیت‌های مناسب، مایع از نازل به صورت یک اسپری دیسپرس شده شامل قطرات با اندازه‌های نسبتاً یکنواخت بیرون می‌آید. در سال ۱۹۶۶ Simons یک دستگاه برای تولید بافت‌های غیرتابیده بهم فوق نازک با وزن خیلی کم از طریق ریسندگی الکتریکی با الگوهای متفاوت به ثبت رساند. در این روش الکتروژل مثبت در محلول پلیمری فرو می‌رود و الکتروژل منفی به یک تسمه مرتبط می‌شود جایی که بافت غیرتابیده جمع می‌شود. او دریافت که الیاف‌ها در محلول‌های با ویسکوزیته کم تمایل دارند کوهاتر و ریزتر شوند در حالی که در محلول‌های با ویسکوزیته بالا نسبتاً پیوسته هستند.

در سال ۱۹۷۱ Baumgarten، دستگاهی برای الیاف‌های اکریلیک الکترواسپون با قطر در حدود ۰/۵-۱/۱

میکرون ابداع کرد. قطره ریسندهای از یک نازل استیل زنگ نزن سوسپانسیون می شود و اندازه آن از طریق یک پمپ تزریق با سازگار کردن از طریق سرعت تعذیه ثابت نگه داشته می شود. یک جریان مستقیم با ولتاژ بالا به نازل متصل می شود در حالی که الیاف ها روی یک صفحه فلزی جمع می شوند. از سال ۱۹۸۱ خصوصاً در سال های اخیر فرآیند الکتروریسندگی پیشرفت هایی داشته است. الیاف های فوق نازک با ساختارهای الیاف و پلیمرهای متعدد با قطرهای زیر میکرون یا نانومتر به آسانی با این فرآیند ساخته می شوند.

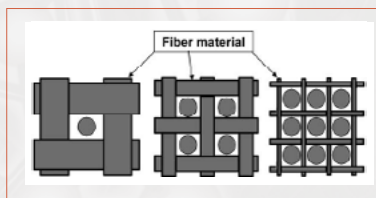
پلیمرها با دمای ذوب بالا از طریق الکتروریسندگی به شکل نانوالیاف ها در می آیند. در این روش به جای یک محلول، پلیمر دوب شده به داخل لوله مؤثرین فرستاده می شود. بنابراین متفاوت از حالت محلول پلیمر، فرآیند الکتروریسندگی برای یک پلیمر مذاب در یک وضعیت خلاء انجام می گیرد. جدول ۱ خلاصه ای از انواع پلیمرها با دمای ذوبشان که نانوالیاف ها را تولید می کند نشان می دهد. در مقالات متعدد گزارش شده است که از طریق الکتروریسندگی، بیش از ۵۰ پلیمر بطور موفقیت آمیزی به نانوالیاف هایی با قطر سه نانومتر تا بیشتر از ۱ μm تبدیل شده اند. حلالیت پلیمرها قبل از الکتروریسندگی، در تعداد زیادی از حلال ها بررسی می شوند. زمانی که پلیمر جامد یا گرانیولی بطور کامل در یک مقدار مشخصی از حلال مناسب حل می شود بعنوان مثال در یک ظرف شیشه ای، شکل شناور بدست آمده، جریان محلول پلیمر نامیده می شود. جریان پلیمر سپس وارد لوله مؤثرین می شود. هر دو عبارت حلالیت و الکتروریسندگی در دمای اتاق و در وضعیت اتمسفر انجام می گیرد. چون تعدادی از پلیمرها ممکنست بوهای مضر و ناخوشایند داشته باشند بنابراین فرآیندها در داخل اتاقک هایی که یک سیستم تهویه دارند انجام می گیرد. ولتاژ بکار برده شده نیز از نوع DC بوده و در محدوده چند تا چند ده کیلو ولت می باشد.

جدول ۱. برخی پلیمرهای الکتروریسیده به روش مذاب

No.	Polymer	Material details	Processing temp. (°C)
1	Polyethylene, PE	HDPE, $M_w = 1.35 \times 10^5$ [95,97] HDPE [120] [121]	200-220
2	Polypropylene, PP	Isotactic-PP, MI = 0.5 [95] [120] [121]	220-240
3	Nylon 12, PA-12	$M_w = 3.5 \times 10^4$ [96]	220
4	Polyethylene terephthalate, PET	[120] [121] $M_w = 4.6 \times 10^4$ [87]	270
5	Polyethylene naphthalate, PEN	[121] $M_w = 4.8 \times 10^4$ [87]	290
6	PET/PEN blends	75/25, 25/75 (wt %), [87]	290

مواد لیف مانند با کارآیی فیلتراسیون بالا با مقاومت هوایی کم برای فیلتر کردن به کار می رود. شکل ۳ کارایی فیلترهای مختلف را نشان می دهد به طوری که هر چه الیاف دارای قطر کمتری باشد کارآیی فیلتراسیون افزایش

می‌یابد. چون کانال‌ها و اجزای ساختمانی فیلتر باید با اندازه ذرات سازگاری داشته باشند یک راه مستقیم افزایش کارایی فیلتراسیون با به کار بردن الیاف‌ها در اندازه‌های نانومتر در ساختار فیلتر می‌باشد. عموماً به‌خاطر زیاد بودن نسبت سطح به حجم و چسبندگی بالای سطح، ذرات ریز کمتر از 0.5 mm به آسانی در فیلترهای با ساختار نانو الیاف الکترورسیده گرفتار می‌شوند. نانو الیاف‌ها کاربردهای زیادی در فیلترهای Puls-Clean برای جمع‌آوری گرد و غبار دارند. از نانو الیاف‌های پلیمری برای بهبود توانایی جذب الکتروستاتیک ذرات بدون افزایش افت فشار جهت افزایش کارایی فیلتر استفاده می‌شود. برخی از غشاهای مبتنی بر نانو الیاف پلیمری می‌توانند به عنوان فیلترهای مولکولی استفاده شوند [۱۴].



» شکل ۳. تاثیر افزایش کارایی فیلترها با کاهش ابعادی در فیبرها

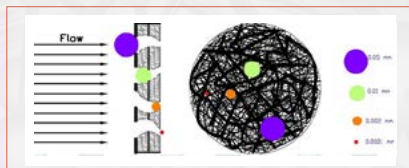
فناوری نانو در فیلتراسیون هوای ورودی در مدخل هوا

چنانچه لایه‌ای از نانو الیاف را روی یک فیلتر قرار دهیم باعث می‌شود که خاصیت فیلتراسیون را از عمق فیلتر به سطح بیاوریم. در فیلترهای معمولی به دلیل این که این خاصیت در عمق قرار دارد، فیلتر دچار افت فشار شده و کارایی خود را از دست می‌دهد. از سوی دیگر در فیلترهای معمولی از الیاف میکرومتری استفاده می‌شود؛ بنابراین حفره‌های موجود در بین فیلترهای میکرونی بسیار بزرگ است و ذرات بزرگ جذب نخواهد شد اما با کشیدن لایه‌ای از نانو الیاف به روی فیلتر، هم فیلتراسیون جذب فیزیکی و هم فیلتراسیون الکترواستاتیکی رخ می‌دهد [۱۶] [۱۴].

با استفاده از فیلترهای نانویی استهلاک پره‌های توربین نیز کاهش می‌یابد، به طوری که برای هر دوره تعمیر برای هر نیروگاه حدود یک میلیارد تومان صرفه‌جویی خواهد شد. در مورد مزایای فیلترهای نیروگاهی اصلاح شده با نانو الیاف باید گفت: افزایش طول عمر فیلتر تا حدود دو برابر، کنترل و عدم افزایش افت فشار، افزایش قابل توجه کارایی فیلتراسیون، افزایش راندمان تبدیل انرژی در صنایع خودرویی و نیروگاهی به همراه کاهش استهلاک تجهیزات و زمان خواب و تعمیر آنها و افزایش سطح حفاظت از توربین از جمله این مزایاست [۱۶]. مزیت اصلی این فناوری شامل ارتقای راندمان فیلتراسیون از طریق کاهش اندازه سوراخ‌ها و همچنین افزایش عمر فیلتر با بهره‌گیری از فیلتراسیون سطحی می‌باشد. در این طرح کاغذ قبل از شروع عملیات چین‌کن در تولید فیلتر، بوسیله جریان الکتریکی با لایه‌ای از الیاف پلیمری با قطر بین ۵۰ تا ۳۰۰ نانومتر لایه نشانی می‌شود. ساختار کاغذ فیلتر و نحوه جداسازی ذرات به این صورت است دو روش برای این کار اتخاذ می‌گردد. ابتدا فیلتراسیون عمقی که در آن ذرات بسته به اندازه خود در لایه‌های مختلف کاغذ فیلتر، جداسازی می‌شوند و دوم فیلتراسیون سطحی است که همه ذرات در سطح کاغذ فیلتر جداسازی می‌شوند. با استفاده از نانو الیاف به این شیوه می‌توان دست پیدا کرد.

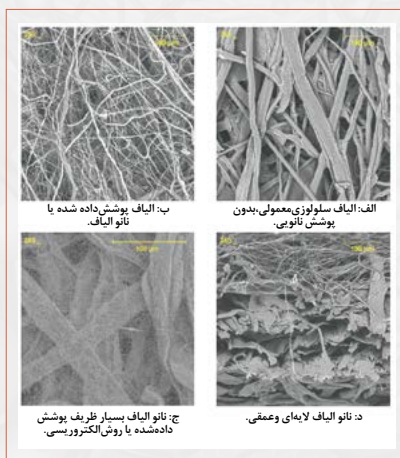


شکل ۵. فیلتراسیون سطحی



شکل ۴. فیلتراسیون عمقی

نانوالیاف با پوشش دهی مقاوم در فیلترهای خود تمیز کن یا پالس جت و فیلتراسیون عمقی کاربرد بیشتری پیدا کرده اند [۱۴]. وقتی شوکی در مسیر برعکس به فیلتر وارد می شود، آن دسته از نانوالیافی که چسبندگی ضعیفی به سطح دارند و یا متشکل از نانوالیاف ظریف هستند، با حرکت شوک از داخل فیلتر به سطح نانو الیاف، می توانند ورقه ورقه شوند؛ اما نانوالیاف هایی با که دارای پوشش دهی مقاوم با چسبندگی قوی به سطح هستند، بخاطر ثبات ساختاریشان عمر فیلتر را بیشتر کرده و عملکرد سیستم تمیز کاری پالسی را افزایش می دهند. در شکل ۶ سطح فیلتر با پوشش های مختلف نشان داده شده است. در این شکل، «الف» فیلتر سلولوزی معمولی و در «ب» فیلتر پوشش داده شده با نانو الیاف نشان داده شده است. همانطور که قابل مشاهده است پوشش دهی نانوالیاف، منافذ روی سطح فیلترها را کوچک تر می کنند. در «ج» فیلترهای نانوی ظریف نشان داده شده است. دوام این فیلترها و عمق پوشش دهی نسبت به فیلترهای مقاوم شکل «د» کمتر است [۱۵]



شکل ۶. تصاویری از سطح فیلترهای مختلف

مزایای نانو فناوری در فیلتراسیون هوای ورودی

۱. افزایش سطح حفاظت از توربین

سوراخ هایی که از تقاطع میان نانوالیاف ایجاد می شوند، بسیار بسیار کوچکتر از سوراخ های معمول کاغذ فیلتر هستند. همین امر سبب ارتقای کارایی جداسازی فیلتر و حفاظت بهتر از توربین و قطعات آن می شود.

» شکل ۷. الف - پره پس از کار با نانو فیلتراسیون تمیز است، ب - پره پس از کار با فیلتر معمولی رسوب گرفته است.



۲ تمیز کاری فیلتر

با ایجاد لایه‌ای از نانو الیاف در سمت بیرونی کاغذ فیلتر، شیوه جداسازی فیلتراسیون سطحی اعمال می‌شود. در نتیجه همه ذرات جداسازی شده در سمت بیرون کاغذ فیلتر باقی می‌ماند و در زمان اعمال پالس بخوبی فیلتر احیا می‌گردد.

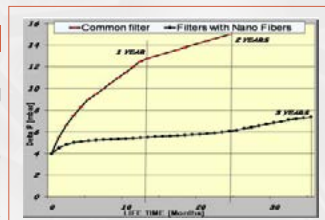
» شکل ۸. نمایش لحظه‌ای اعمال پالس به فیلترهای نوع کارتریج که با استفاده از نانو الیاف در فیلتراسیون سطحی، در لحظه‌ای اعمال پالس بخوبی تمام گرد و خاک از فیلتر جدا شده و تمیز می‌گردد.



۳ کاهش افت فشار هوای ورودی در اثر عبور از فیلتر

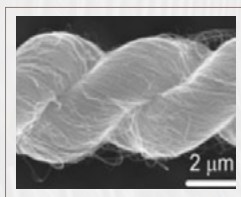
افت فشار هوای ورودی به کمپرسور نیروگاه گازی در اثر عبور از فیلترهای مدخل هوا، در فیلترها با الیاف نانو کاهش یافته و در نتیجه توان خروجی نیروگاه گازی افزایش می‌یابد. (با افزایش فشار هوای ورودی توان خروجی نیروگاه گازی افزایش می‌یابد). فیلترهای معمولی دارای افت فشاری معدل با ۱۵۰ mmwg هستند، اما در فیلتر با الیاف نانو افت فشار به ۶۰ mmwg کاهش می‌یابد. در اثر این کاهش افت فشار معدل با ۹۰ mmwg توان خروجی نیروگاه گازی حدود ۱/۴ درصد بیشتر می‌شود. همچنین شکل ۹ نشان می‌دهد، در فیلترهای با نانو الیاف در اثر افزایش طول عمر فیلتر افت فشار هوای ورودی، افزایش کمتری خواهد داشت. همانطور که در شکل مشخص است، افت فشار در فیلترهای با نانو الیاف در پایان سال دوم دو میلی‌بار افزایش یافته است در حالی که این مقدار برای فیلترهای معمولی ۱۵ میلی‌بار می‌باشد.

» شکل ۹. افزایش افت فشار ایجاد شده در هوای ورودی به توربین در اثر عبور از سیستم فیلتراسیون مدخل هوا در اثر افزایش طول عمر فیلتر، محور عمودی افت فشار بر حسب میلی‌بار^۲ و محور افقی طول عمر بر حسب ماه.



در جدول زیر نام برخی از شرکت‌های تولیدکننده در این زمینه آورده شده است. که در ادامه به معرفی محصولات آن‌ها پرداخته شده است.

نام شرکت	روش تولید	محصول
H&V	الکتروریسندگی	نانووب
فناوران نانو مقیاس	الکتروریسندگی	نانوالیاف
بهران فیلتر	الکتروریسندگی	فیلترهای نیروگاهی



شکل ۱۰. نمونه‌ای از نانو الیاف تولید شده در شرکت H&V

یکی از شرکت‌های پیش‌تاز در زمینه تولید نانو الیاف، شرکت (H&V)^۵ می‌باشد. این شرکت اخیراً نانووب‌هایی^۶ را تولید کرده است. در این نوع پوشش می‌توان به فیلتراسیون با راندمان و ماندگاری بیشتر نسبت به انواع قبلی دست یافت. این فناوری پیشرفته در نانو الیاف، کاربردهای فراوانی برای بهبود خواص سدکنندگی، پالایش مایعات و گازها خواهد داشت. این فناوری شامل یک ساختار میکرومخلخل، بادوام و کنترل فرایندی بی نظیر است. نمونه‌ای از این نانووب‌ها در شکل ۱۰ نشان داده شده است [۱۲].

در داخل کشور نیز، شرکت‌هایی مانند فناوران نانو مقیاس در زمینه ساخت دستگاه‌های تولیدکننده نانو الیاف و محصولات مرتبط فعالیت می‌کنند. در حال حاضر این شرکت تولیدکننده انواع دستگاه الکتروریسی نازلی و بدون نازل در مقیاس آزمایشگاهی و صنعتی می‌باشد. دستگاه صنعتی این شرکت قادر است تا حدود ۱۰۰۰ متر مربع در ساعت را با نانو الیاف پوشش دهد؛ در این دستگاه کاغذ فیلتر معمولی با یک لایه از نانو الیاف به منظور کارایی و طول عمر فیلتر پوشش داده می‌شود. فیلترهایی که در حال حاضر در نیروگاه‌ها استفاده می‌شوند، کارایی در حدود ۸۰ درصد دارند که می‌توان با پوشش دهی نانو الیاف توسط این شرکت به ۹۱-۹۲ درصد افزایش یابد.

انواع نانو الیاف ساخته شده در این شرکت به شرح زیر می‌باشد:

■ پلی آمید ۶ (PA۶)

■ پلی آمید ۶،۶ (PA۶۶)

■ پلی اکریلونیتریل (PAN)

■ پلی وینیل الکل (PVA)

■ نانو الیاف الکتروریسی شده پلی کاپرولاکتون (PCL)

■ نانو الیاف الکتروریسی شده پلی لاکتیک گلاکولیک اسید (PLGA)

در حال حاضر شرکت تولیدی صنعتی بهران فیلتر نیز اقدام به خرید دستگاه تولید نانو الیاف در مقیاس صنعتی از شرکت فناوران نانو مقیاس به منظور تولید فیلترهای نیروگاهی، نموده است و توانسته است فیلترهای نیروگاهی

در حد کلاس جهانی F9 تولید کند [۱۳]. روش متداول تولید نانوالیاف مورد استفاده در شرکت بهران فیلتر روش الکتروریسی است. همچنین در دستگاهی که برای این کار استفاده می‌شود، از یک محصول پلیمری استفاده می‌شود و تحت تاثیر اختلاف پتانسیل بسیار زیاد رشته‌های پلیمری با قطر نانومتری تشکیل می‌شوند. با استفاده از این فناوری الیاف پلیمری با قطر ۵۰ تا ۳۰۰ نانومتر بدست آمده است. این محصول در نیروگاه متعددی در کشور بعنوان مثال سیکل ترکیبی کرمان در مدت دو سال مورد استفاده قرار گرفته و تایید مصرف کننده را دریافت کرده است [۷]. در جدول ۲ فیلترهای تولید شده توسط این شرکت و برخی از موارد استفاده شده از آن‌ها آورده شده است.

جدول ۲. فیلترهای دارای پوشش نانو

GI۳۴۰۱	هوای کمپرسور واحدهای F9 جان براون و میتسویشی نیروگاه [چنگه دار] ((نیروگاه‌های منتظر قائم کرج، فارس، شریعتی مشهد و...))
GI۳۴۲۲	هوای واحدهای آتسالدو مدل ۹۴/۲ نیروگاه ((شرکت مدیریت تولید برق جنوب فارس))
GI۳۴۳۱	هوای توربو ژنراتور ((شرکت ملی گاز ایران))
GI۳۴۳۶	فیلتر مخروطی هوای کمپرسور مولدهای آلستوم نیروگاه ((نیروگاه یزد))
GI۳۴۳۷	فیلتر استوانه‌ای هوای کمپرسور مولدهای آلستوم نیروگاه ((نیروگاه یزد))
GI۳۴۴۱	هوای کمپرسور مولدهای آلستوم سوئیس ((نیروگاه گازی بندر عباس))
GI۳۴۸۷	فیلتر استوانه‌ای هوای توربین زمینس SGT-۶۰۰

پی‌نوشت‌ها

۱ Pulse Jet Cleaning

۲ Nanofiber

۳ Electrospinning

۴ $1\text{ mbar} \leq 10.2\text{ mmwg}$

۵ نام دقیق این شرکت Hollings worth and vose می‌باشد که در ایالات متحده آمریکا قرار دارد و در سال ۱۸۴۳ تأسیس شده است. این شرکت پیشرو در امر تولید کاغذهای مهندسی و سیستم‌های بافته‌نشده است

۶ NANOWEB

مراجع

۱ M. Wilcox, R. Baldwin, A. Garcia-Hernandez, and K. Brun, "Guideline for gas turbine inlet air filtration systems," Gas Mach. Res. Coun. Dallas, TX, 2010.

۲ Schroth, "Customized Filter Concepts for Intake Air Filtration in Gas Turbines and Turbocompressors," in 3rd Filter Colloquium Progress and Development Trends in Gas Purification with Filtering Separators, Karlsruhe University, 1993.

۳. ل. ب. و. م. هور، «معرفی و آینده نگری مهمترین موارد کاربردی فناوری نانو در حوزه تولید و ذخیره انرژی in»، دومین کنفرانس تخصصی فناوری نانو در صنعت برق و انرژی، ۱۳۹۳.

۴. «انواع سیستم فیلتراسیون هوای ورودی به کمپرسور واحد گازی و ارائه معیار برای انتخاب مناسب ترین نوع سیستم فیلتراسیون متناسب با شرایط محیطی in»، نخستین همایش فیلتراسیون هوای صنعتی و فرآیندی، ۱۳۹۰.

۵. E. Farvaresh, F. Golbabaee, M. Ghiyaseddin, A. Beheshti, K. N. Jaliyani, M. Karimi, and S. Tohidi, "Investigation of Gas Turbine Intake Air Cooling Via Evaporative Media and Its Effects on Cartridge Filters Pressures Drop," Int. J. Occup. Hyg., vol. 6, no. 2, pp. 75–80, 2014.

۶. «فیلترهای نانو، سایت شرکت بهران فیلتر».

۷. "http://www.nano.ir".

۸. "http://www.techmart.ir/fa/".

۹. س. ح. م. م. شادپور، نانو فناوری و پیدایش کاربردهای جدید. الماس دانش.

۱۰. "http://www.hupaa.com/".

۱۱. W. Poon, M. Gessner, and S. Medvetz, "DRAMATIC REDUCTION OF GAS TURBINE FOULING WITH HEPA COMPOSITE MEMBRANE AIR INTAKE FILTERS."

۱۲. "http://www.hollingsworth-voise.com/en/KnowledgeCenter/White-Papers/nanofiber/".

۱۳. R. S. Barhate and S. Ramakrishna, "Nanofibrous filtering media: filtration problems and solutions from tiny materials," J. Memb. Sci., vol. 296, no. 1, pp. 1–8, 2007.

۱۴. "http://fnm.ir/Papers/ES_intro.htm".

۱۵. B. Schmid, A. Kreiner, I. Poljak, and G.-M. Klein, "Air Intake Filters with Nanofibre Coating," MTZ Worldw., vol. 73, no. 7–8, pp. 46–51, 2012.

۱۶. "www.isna.ir".

مجموعه نرم افزارهای «نانو و صنعت»



مجموعه نرم افزارهای نانو و صنعت با هدف معرفی کاربردهای فناوری نانو در بخش ها و صنایع مختلف طراحی و منتشر شده است. در این نرم افزار اطلاعاتی مفید و کاربردی در قالب فیلم مستند، مقاله، کتاب الکترونیکی و مصاحبه با کارشناسان، در اختیار فعالان صنعتی کشور و علاقمندان به فناوری نانو قرار داده شده است.

تاکنون شش عنوان از مجموعه نرم افزارهای نانو و صنعت با موضوع کاربردهای فناوری نانو در صنایع «نفت»، «خودرو»، «نساجی»، «ساخت و ساز»، «بهداشت و سلامت» و «کشاورزی»، ارائه شده است.

مرکز پخش: ۶۶۸۷۱۲۵۹ – www.nanosun.ir

از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو منتشر شده است



- کاربرد فناوری نانو در بهبود عملکرد سلول‌های خورشیدی
- نانو حسگرها جهت پایش شاخص‌های حیاتی بدن
- سیستم یون‌زدایی خازنی (CDI)
- کاربرد نانو در متالورژی پودر فلزات
- کاربرد فناوری نانو در پوشش‌های ضد نقش و ضد نوشتار
- میکرو/نانو حباب در صنعت آب و فاضلاب
- نانو حسگرهای تشخیص دهنده مواد منفجره
- استفاده از نانوذرات پلیمری بر پایه PLGA برای دارورسانی هدفمند
- کاربرد فناوری نانو جهت گندزدایی از آب به روش ازوناسیون
- تصفیه آب با استفاده از غشاء سرامیکی نانوفیلتراسیون
- کاربرد فناوری نانو در گچ ساختمانی
- تصفیه آب با استفاده از غشاهای نانوالیاف
- کاربرد فناوری نانو در صنعت آب
- کاربردهای فناوری نانو در منسوجات خانگی
- فناوری نانو در تصفیه پساب صنعت نساجی
- نانو حسگرهای پایش کیفیت آب
- نانو حسگرهای مورد استفاده در صنایع غذایی و آشامیدنی
- کاربردهای فناوری نانو در صنعت هوافضا
- فولادهای نانو ساختار
- فناوری نانو و محیط‌های کنترل شده کشت (CEA)
- نانو حسگرهای تشخیص سموم کشاورزی
- کاربرد فناوری نانو در شیشه‌های هوشمند (۱)
- نانو آفت کش و اثر آن در کنترل آفات
- کاربرد فناوری نانو در صنعت مقرر
- کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی
- کاربردهای فناوری نانو در روغن‌های روان کننده
- نانو افزودنی‌های به سوخت
- کاربردهای نانوالیاف در کشاورزی
- کاربرد نانوساختارها در فناوری‌های جداسازی غشایی
- کاربرد فناوری نانو در سیمان و سیال حفاری
- نانوفیلترهای لیفی
- فناوری‌های نوین در مدیریت و افزایش بهره‌روی آب در نیروگاه‌های گرمایی
- فولاد نانو ساختار Sandvik Nano flex
- کاربرد فناوری نانو در صنعت سیم و کابل
- کاربرد فناوری نانو در صنعت دیودهای نورافشان LED
- کاربردهای فناوری نانو در تولید انرژی الکتریکی
- کاربردهای نانومواد سلولز در صنعت خودرو
- کاربرد نانوکامپوزیت‌های پلیمری در صنعت خودرو
- کاربرد فناوری نانو در پوشاک
- کاربرد فناوری نانو در رنگرزی منسوجات
- کاربرد فناوری نانو در منسوجات ورزشی / بیرونی
- کاربرد فناوری نانو در تولید منسوجات خود-تمیزشونده
- سلول‌های خورشیدی رنگ دانه‌ای
- نانو حسگرهای پایش آلودگی ذرات معلق در هوا
- نانو حسگرهای تشخیص دهنده پاتوژن‌های میکروبی در مواد غذایی
- کاربردهای فناوری نانو در چاه ارت
- کاربرد نانو حسگرها در تشخیص و کنترل رطوبت خاک
- کاربردهای فناوری نانو در خنک کاری قسمت‌های مختلف نیروگاه
- کاربرد فناوری نانو در روش فیلتراسیون اسمز معکوس
- درخت سان: نانوحاملی در عرصه سلامت
- فناوری‌های نوین در استفاده از آب‌های تخریب شده به عنوان منبع آب مصرفی صنایع مختلف