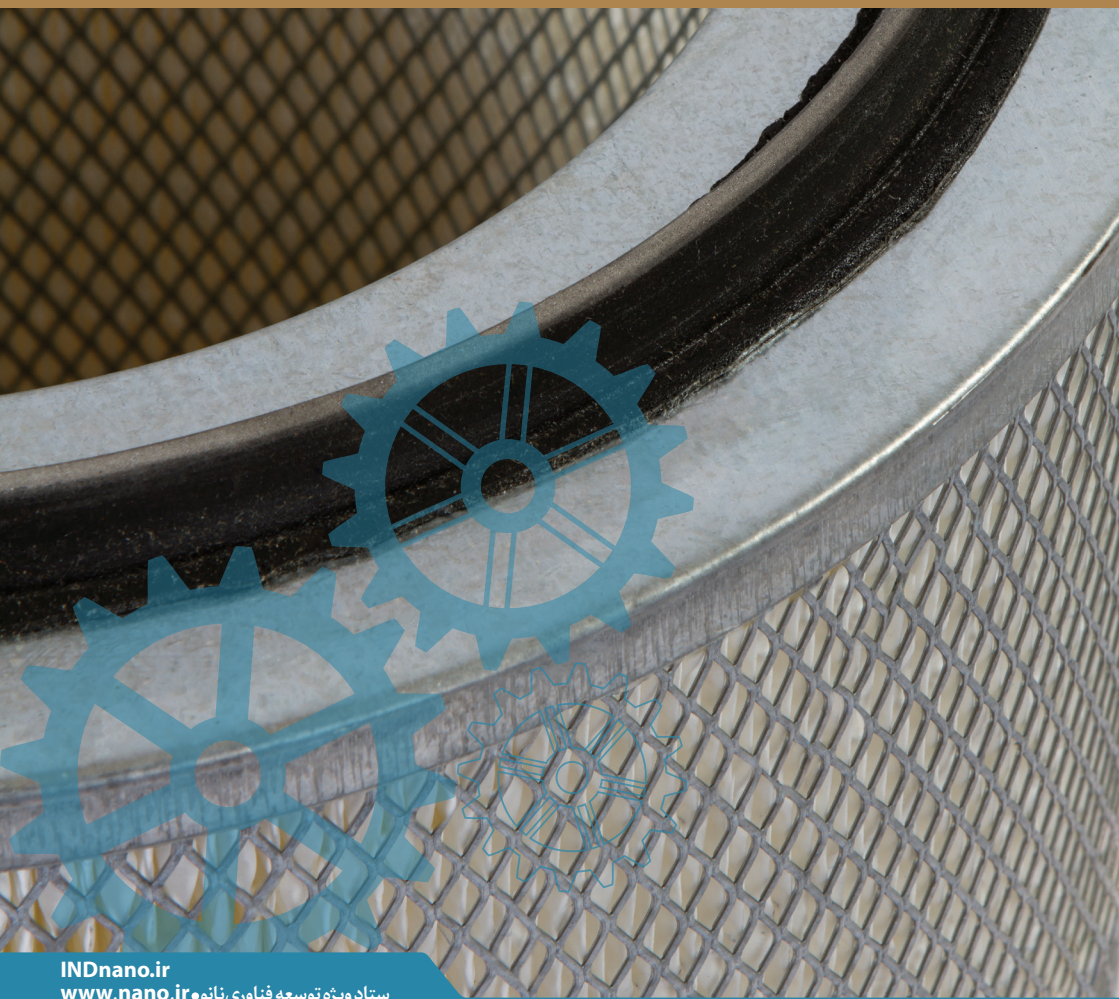


# فیلترهای نانویی، هوای نیروگاه‌ها را دارند

## استفاده از نانوالیاف ایرانی در تولید فیلترهای نیروگاهی

شرکت آزاد فیلتر، شرکت بهران فیلتر، شرکت بهین پالایه شریف، شرکت فناوران نانومقیاس، شرکت ماشین سازی اندیشه شمال، شرکت نانوفناوران خاور و ...



## شناسنامه

### ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

طراحی و اجرا:	توسعه فناوری مهرویژن	تلفن:	۰۲۱-۶۳۱۰۰
نظارت:	مهدی کدخدائی	نماینده:	۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
سندوق پستی:	۱۴۵۶۵-۳۴۴	پایگاه اینترنتی:	www.nano.ir
پست الکترونیک:	IND@nano.ir		www.INDnano.ir
سال انتشار:	۱۴۰۱	اینستاگرام نانو و صنعت:	@INDnano.ir

## فهرست مطالب

۳	مقدمه
۳	نانوالیاف
۴	کاربرد نانوالیاف در صنعت فیلتر نیروگاهی
۵	شرکت آزاد فیلتر
۸	شرکت بهران فیلتر
۹	شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال
۱۰	شرکت بهین پالایه شریف
۱۱	شرکت دانش‌بنیان نانوفناوران خاور
۱۲	شرکت فناوران نانومقیاس
۱۲	بازار فیلترهای نیروگاهی در ایران
۱۲	آینده فناوری فیلترهای نیروگاهی در ایران

## مقدمه

بیش از یک دهه از روزی که جوانه‌های اولیه فناوری نانوالیاف در ایران شکل گرفت، می‌گذرد و طی این مدت توسعه فناوری نانوالیاف با فراز و نشیب‌های زیادی روبه‌رو بوده است. اکنون این فناوری به نقطه‌ای رسیده که نانوفیلترها به عنوان یکی از میوه‌های این درخت تنومند، وارد صنعت نیروگاهی شده است. در حال حاضر شرکت‌هایی نظیر آزاد فیلتر و بهران فیلتر با بهره‌مندی از دانش فنی ایرانی که ماحصل بیش از یک دهه توسعه فناوری بومی نانوالیاف است، نانوفیلترهایی برای استفاده در نیروگاه‌ها تولید می‌کنند که عملکرد بهتری نسبت به فیلترهای رایج دارند. قیمت پایین، عمر طولانی و قدرت زدایش بالای آلاینده‌گی از جمله مزایای این نانوفیلترهای نیروگاهی است. در حال حاضر شرکت‌هایی نظیر مپنا، مجتمع گاز پارس جنوبی، شرکت مدیریت تولید برق کرمان، نیروگاه‌های قم، خيام و قائم از این نانوفیلترها استفاده می‌کنند. مزیت رقابتی این نانوفیلترها، فرصت صادرات برای آن‌ها را نیز فراهم کرده است. در تولید این فیلترهای نیروگاهی از فناوری نانوالیاف ایرانی استفاده شده است.

## نانوالیاف

نانوالیاف در مقایسه با مواد توده‌ای، مشخصه‌های منحصر به فردی نظیر اندازه کمتر ابعاد و تراکم پایین نقص دارند. علاوه بر این ساختارهای دوبعدی و سه‌بعدی به دلیل نانو ساختار منحصر به فردی که دارند، دارای ویژگی‌های مکانیکی و حرارتی استثنائی، حجم تخلخل بالا و شفافیت نوری هستند. در این مورد، نانوالیاف به سبب انعطاف پذیری مکانیکی خود و ویژگی‌های الکتریکی، برای محصولات منعطف بلوک‌های ساختاری بسیار مطلوبی هستند.

### ■ روش‌های تولید نانوالیاف

تاکنون روش‌های متعددی نظیر خود سامانی مولکولی و روش‌های هیدروترمال برای سنتز نانوالیاف گزارش شده است. روش‌های ریسندگی شامل الکتروریسی، ریسندگی دمشی، ریسندگی مبتنی بر سانتریفیوژ و ریسندگی کششی به پژوهشگران اجازه می‌دهد از محلول پیش ساز، نانوالیاف سنتز کنند. انواع نانوالیاف‌های پلیمری را می‌توان از طریق روش‌های ریسندگی به دست آورد. با اعمال روش‌های مناسب اصلاحی، نانوالیاف‌های فلزی و سرمایی را نیز می‌توان از روش‌های ریسندگی تولید کرد. ریسندگی در مقایسه با دیگر روش‌ها، به راحتی با تولید در مقیاس بزرگ صنعتی ترکیب می‌شود؛ بنابراین، تمرکز اصلی بیشتر صنعت‌گران بر روش‌های ریسندگی، یعنی الکتروریسی، ریسندگی دمشی، ریسندگی مبتنی بر سانتریفیوژ و ریسندگی کششی است.

### ■ الکتروریسی

نیروی محرکه در فرآیند الکتروریسی، نیروی الکتریکی است. دستگاه‌های رایج الکتروریسی شامل سه بخش هستند، منبع تغذیه یا ولتاژ بالا، نازل و یک کلکتور (جمع‌آوری کننده، زیرلیه). معمولاً نازل از سوزن فلزی ساخته شده و از توری‌های فلزی، دیسک‌های چرخان یا دیگر زیرلیه‌های رسانا می‌توان بسته به نیاز به عنوان کلکتور استفاده نمود. در طول فرآیند الکتروریسی، ولتاژ بالایی به نوک نازل اعمال می‌شود که از طریق آن با افزایش ولتاژ،

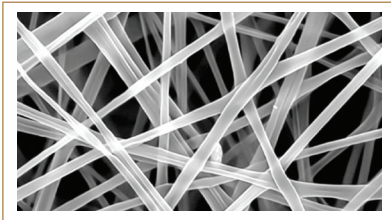
قطره داخل نوک به شکل مخروطی کشیده می‌شود. زمانی که نیروی الکتروستاتیکی به قدر کافی زیاد باشد و بتواند کشش سطحی قطره را تحمل کند، جتی که به خوبی شارژ شده از مخروط خارج شده و یک مسیر حرکت ناپایدار در هوا را می‌پیماید که حاصل آن شکل‌گیری سریع فیبرهای نازک به واسطهٔ تخیر سریع حلال است. چندین فاکتور، مورفولوژی نانوالیاف های الکتروریسی شده را کنترل می‌کند. اولین فاکتور مشخصه‌های تنظیمات سیستم الکتروریسی است (نرخ تغذیهٔ محلول پیش ماده، شکل هندسی نازل، فاصله میان نوک و کلکتور و شکل یا حرکت کلکتور). ویژگی های محلول دومین فاکتور کلیدی کنترل مورفولوژی این نانوالیاف است. این ویژگی ها شامل نوع یا وزن مولکولی پلیمر مورد استفاده، نقطهٔ جوش حلال، پایداری دی الکتریک یا کشش سطحی حلال، غلظت محلول، ویسکوزیتهٔ محلول یا حضور مواد اضافی است. ویژگی های مربوط به محیط، از جمله رطوبت و دما نیز به عنوان سومین فاکتور بر مورفولوژی نانوالیاف تأثیرگذار هستند. پارامترهای مؤثر بر فرایند الکتروریسی و مورفولوژی نانوالیاف های حاصل، چه از منظر نظری و چه تجربی به خوبی تثبیت شده‌اند. هرچند، تاکنون هیچ پارامتر جهانی برای تمامی مواد و موقعیت‌ها وجود ندارد.

### کاربرد نانوالیاف در صنعت فیلتر نیروگاهی

این روزها گردوغبار و آلودگی به جزء لاینفک زندگی شهری بدل شده و مقابله با آن یکی از دغدغه‌های مدیران در صنایع مختلف است. هرچند فیلترها به عنوان سدی در برابر پخش غبار و آلودگی در صنایع استفاده می‌شوند، اما کارایی آن‌ها بسته به ابعاد حفره‌ها، با محدودیت‌هایی روبه‌رو بوده است که از جملهٔ آن‌ها می‌توان به ابعاد نسبتاً بزرگ حفره در فیلترها و عدم امکان زدایش ذرات بسیار کوچک، اشاره کرد.

برای حل مسئله ابعاد حفره‌ها و امکان زدایش ذرات بسیار کوچک، استفاده از فناوری نانو و به‌صورت ویژه نانوالیاف، یکی از گزینه‌های مهم در صنعت به‌شمار می‌رود. از این روش شرکت‌های مختلفی به دنبال بهره‌برداری از نانوالیاف در ساخت فیلترها و افزایش دامنه عملکرد آن‌ها هستند.

تا دو دهه قبل، فناوری نانوالیاف در داخل کشور وجود نداشت و برای استفاده از آن، نانوالیاف از خارج وارد می‌شد. این وابستگی که با تحریم‌های بین‌المللی همراه شده بود، سدی بزرگ در مسیر توسعهٔ این فناوری محسوب می‌شد. از این رو گروه‌های تحقیقاتی مختلف فعالیت جدی پیرامون ساخت تجهیزات مرتبط با فناوری نانوالیاف را آغاز کردند که با توجه به فقدان دانش فنی، لازم بود تا توسعه فناوری نانوالیاف به‌صورت زیربنایی و با اتکا به توانمندی‌های داخلی انجام شود. ماحصل این فعالیت‌ها، تأسیس شرکت‌های دانش‌بنیان بود که موفق به تجاری‌سازی تجهیزات تولید نانوالیاف شده بودند. بی‌مهری به تولیدات داخلی و فقدان اعتماد عمومی به نتایج کار این شرکت‌ها از جمله مشکلات اولیه در مسیر توسعه تجهیزات تولید داخل بود؛ اما گذشت زمان نشان داد که فناوری نانوالیاف ایرانی قابلیت رقابت با رقبای خارجی را دارد. با عبور از این سد بزرگ، نوبت به فتح خاک ریز دوم رسید؛ استفاده از نانوالیاف تولید داخل در صنعت.



شکل ۱- نانوالیافی که به روش الکتروریسی ایجاد شده است

تولید نانوالیاف در داخل کشور را می‌توان سرآغاز فرآیندی دانست که در حال ثمر بخشیدن در حوزه‌های مختلف است، به طوری که فناوری تولید نانوالیاف در حال حاضر توسط شرکت‌های مختلفی برای بهبود کارایی و عملکرد محصولات استفاده می‌شود. توسعه فناوری نانوالیاف در داخل کشور موجب شده تا پای نانوالیاف به صنعت فیلتر باز شود و در این بین، فیلترهای نیروگاهی به عنوان یکی از ملزومات اصلی در نیروگاه‌های داخل کشور از این فناوری بهره‌مند شوند. در حال حاضر شرکت آزاد فیلتر و بهران فیلتر به همراه شرکت‌هایی نظیر بهین پالایه شریف و شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال با استفاده از فناوری و دانش بومی تولید نانوالیاف و همچنین با بهره‌گیری از تجهیزات ایرانی موفق به تولید نانوفیلترهای نیروگاهی شده‌اند.

## شرکت آزاد فیلتر

شرکت آزاد فیلتر یکی از تولیدکنندگان فیلترهای نیروگاهی با استفاده از فناوری بومی نانوالیاف است. در این شرکت برای ساخت نانوفیلترها، از کاغذهای سلولزی ویژه‌ای استفاده می‌شود که روی آن‌ها الیاف پلیمری سنتزی قرار داده شده و در ادامه نانوالیاف به این محصول اضافه می‌شود. این فیلترها در فیلتر کردن هوای ورودی توربین و کمپرسورهای صنعتی، موتورهای دوار و سیستم‌های غبارگیر صنعتی کاربرد دارند. فیلترهای کوالسر این شرکت علاوه بر خاصیت جداسازی آلودگی، قدرت جداسازی مایع از مایع و یا مایع از گاز را نیز دارند. به عنوان مثال سوخت مصرفی در هواپیما حتماً باید با فیلترهای کوالسر فیلتر شده و پس از آن استفاده شود.

فناوری تولید نانوالیاف نیز توسط شرکت فناوران نانومقیاس ارائه شده است. این شرکت فناوری تولید نانوالیاف را به همراه تجهیزات مرتبط برای تولید انواع مختلف نانوالیاف برای مصارف در صنایع مختلف در اختیار تولیدکنندگان داخلی قرار می‌دهد.

پرویز ایمان‌زاده، مدیرعامل شرکت آزاد فیلتر، در رابطه با توانمندی‌های نانوفیلترهای نیروگاهی این شرکت می‌گوید: «این نانوفیلترها با استفاده از دانش فنی داخلی تولید و به بازار عرضه می‌شود. بازار اصلی مصرف این نانوفیلترها شرکت‌های داخلی و نیروگاه‌های صنعتی در سراسر کشور است که از آن جمله می‌توان به نیروگاه قم، نیروگاه خیام در مشهد، نیروگاه منتظر قائم کرج و شرکت صنایع برق و انرژی صبا که مجموعه‌ای از چند نیروگاه مختلف است، اشاره کرد. قرارداد فروش بالغ بر ۲۱ هزار نانوفیلتر با نیروگاه‌های داخلی منعقد شده تا نیاز صنایع نیروگاهی به نانوفیلتر تأمین شود.»

ایمان‌زاده در خصوص برتری فیلتر حاوی مواد نانوساختار نسبت به فیلترهای رایج می‌گوید: «افزایش کارایی فیلتر به طور معمول با افزایش تراکم الیاف بستر فیلتر ایجاد می‌شود و این امر افزایش افت فشار و در نتیجه افزایش مصرف انرژی را در پی دارد. با استفاده از پوشش نانوالیاف بدون افزایش محسوس افت فشار، افزایش کارایی و در نتیجه کیفیت بهتر فرایند فیلتراسیون حاصل می‌شود. به علاوه هزینه تولید این محصول نسبت به نمونه‌های مشابه کمتر است و استفاده از آن در تجهیزات صنعتی موجب افزایش کارایی و عمر این تجهیزات می‌شود. امکان تولید محصول متناسب با اقلیم کشور از دیگر مزایای استفاده از فناوری نانو در تولید این محصول است.»

این شرکت فیلتر حاوی نانوالیاف جهت بهبود راندمان فیلتراسیون ذرات جامد از گاز طبیعی خشک (فیلتر گاز خشک) تولید می‌کند. این نوع فیلترها در خطوط انتقال گاز و واحدهای فیلتراسیون ایستگاه‌های گاز استفاده می‌شوند که قابلیت جداسازی ذرات جامد از سیال گاز عبوری را دارند. این نوع فیلترها در پایش ذرات با ابعاد



شکل ۲- نمونه‌ای از فیلترهای شرکت آزاد فیلتر برای استفاده در ورودی توربین‌ها و کمپرسورها

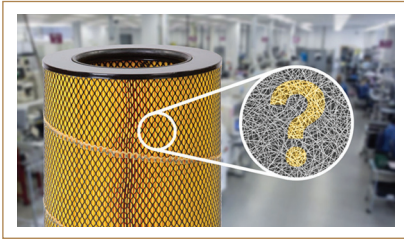
مختلف با کلاس‌های کاری ۱۵۰ الی ۶۰۰ توسط شرکت آزاد فیلتر تولید می‌شوند. اجزای به کار رفته در این نوع فیلترها از جنس پلی پروپیلن، پلی استر و سلولز بوده و در ساختار این فیلترها از لایه‌های توری پشتیبان به منظور بالا بردن مقاومت بدنه فیلتر در فشارهای بالای گاز استفاده شده است. فیلترهای تولیدی این شرکت با گارد داخلی Spiral تولید می‌شوند که باعث بالا بردن مقاومت گارد داخلی در برابر فشار می‌شود.

پس از موفقیت در بخش فیلترهای نیروگاهی، شرکت آزاد فیلتر فیلترهای نانویی خود را برای صنعت نفت و گاز نیز عرضه کرده است. تاکنون پتروشیمی مبین و شرکت انتقال گاز ایران از فیلترهای نانویی شرکت آزاد فیلتر استفاده کرده‌اند. توربوکمپرسورهای شرکت پتروشیمی مبین و شرکت انتقال گاز ایران از فیلترهای نانویی شرکت آزاد فیلتر استفاده می‌کنند. این کمپرسورها وظیفه تأمین انرژی را برای صنعت نفت و گاز به عهده دارند. علاوه بر این فیلترهای نانویی وارد حوزه ریلی کشور نیز شده‌اند. با توجه به وسعت ایران و تنوع آب و هوایی، لوکوموتیوها در مسیر حرکت خود با شرایط آب و هوایی مختلفی روبه‌رو می‌شوند که لازم است کیفیت هوای وارد شده به لوکوموتیو از استاندارد تعیین شده پیروی کنند. از این رو شرکت راه‌آهن با مشکل تأمین فیلترهای مناسب برای آب و هوای مختلف روبه‌رو بوده است. این مشکل توسط شرکت آزاد فیلتر و با استفاده از فناوری نانو حل شد به طوری که شرکت آزاد فیلتر موفق به ارتقای کلاس فیلترها از G4 به F7 و F8 شده که این ارتقای کلاس موجب کاهش آلودگی در لوکوموتیو و بهبود عملکرد آن شده است. شرکت آزاد فیلتر، فیلترهای ریلی مورد نیاز را به راه‌آهن جمهوری اسلامی تحویل داده است.

یکی از موضوعات مهم در حوزه تولید فیلتر، ارزیابی و بررسی عملکرد این محصولات است. شرکت آزاد فیلتر تجهیزات برای انجام آزمون‌های کیفی روی نانوفیلترها تهیه کرده است. این تجهیزات امکان بررسی عملکرد را فراهم می‌کند تا با استناد از نتایج این آزمایش‌ها بتوان روی نانومحصول تولید شده قضاوت کرد. در واقع اعتبار محصولات تولید شده به نتایج این آزمون‌ها وابسته بوده و شرکت آزاد فیلتر به دنبال ارائه خدمات و اعطای گواهینامه برای نتایج آزمایش‌های انجام شده است. فروش نانوفیلترها به همراه نتایج آزمون‌های انجام شده روی این محصولات صورت می‌گیرد. از سوی دیگر وجود قابلیت بررسی عملکرد به تولیدکننده امکان می‌دهد تا متناسب با نیاز صنعت، از فیلترهای آنتی باکتریال بیمارستانی تا فیلترهای اتاق تمیز، محصول به بازار عرضه کند.

## شرکت بهران فیلتر

شرکت دانش بنیان بهران فیلتر نیز از فناوری نانوالیاف برای تولید نانوفیلترهای نیروگاهی استفاده می‌کند. بهران فیلتر یکی از شرکت‌های فعال در حوزه تولید انواع فیلترهای خودرو، صنعتی و نیروگاهی در ایران است که استفاده از نانوالیاف را برای تولید فیلتر در دستور کار خود قرار داده است. حفاظت بهتر از قطعات توربین‌های نیروگاهی، کاهش هزینه‌های توقفات و افزایش توان تولید برق و افزایش عمر فیلترها حداقل به ۱.۵ برابر عمر فعلی از مهم‌ترین



شکل ۳- ارزیابی فیلترها توسط تجهیزات آزاد فیلتر امکان پذیر است

ویژگی های فیلترهای نیروگاهی بهرمان فیلتر است. مهم ترین اثر فیلترهای هوای احتراق نانو، کاهش ورود ذرات معلق زیر یک میکرون به محیط است که این محیط می تواند کابین هواپیما، موتور خودرو، نیروگاه و حتی سیستم تنفسی انسان باشد. این موضوع به نوبه خود باعث کاهش هزینه تعمیرات، سوخت و نگهداری نیز می شود. مزیت دیگر استفاده از این نوع فیلترها کاهش میانگین افت فشار برای دستگاه مصرف کننده در طول استفاده است که این مزیت به طولانی شدن عمر فیلتر کمک و ظرفیت غبارگیری افزایش پیدا می کند.

شرکت بهرمان فیلتر با استفاده از تجهیزات تولید نانوالیاف که از شرکت فناوران نانومقیاس خریداری کرده است، نانوالیاف مورد نیاز خود را تولید می کند. این نانوالیاف روی سطح فیلترها قرار می گیرد و با این کار کارایی تصفیه هوا را افزایش می دهد.

مهندس فروندی؛ مدیر طراحی محصولات و تولید نانوالیاف شرکت تولیدی و صنعتی بهرمان فیلتر درباره نانوفیلترهای این شرکت می گوید: «در حال حاضر ظرفیت تولید ۳۰۰ هزار نانوفیلتر در سال را داریم. این فیلترها برای تأمین نیاز صنایع داخلی نظیر شرکت مینا، مجتمع گاز پارس جنوبی و شرکت مدیریت تولید برق کرمان تولید می شوند. دلیل استفاده صنایع از نانوفیلترها، افزایش عملکرد آن ها نسبت به فیلترهای رایج است. استفاده از این نانوفیلترها موجب کاهش استهلاک تجهیزات در بخش نیروگاهی شده و همچنین میزان اتلاف انرژی را کاهش داده است. از دیگر مزیت های این نانوفیلترها می توان به عمر بالای آن اشاره کرد.»

به اعتقاد فروندی قیمت پایین این نانوفیلترها نسبت به برندهای معتبر خارجی، رقابت پذیری آن ها را افزایش می دهد. از نظر عملکرد نیز این نانوفیلترها مشابه نمونه های خارجی بوده و نسبت به برخی نام های تجاری از عملکرد بهتری برخوردار هستند.

به گفته وی، شرکت بهرمان فیلتر به واسطه استفاده از نانوالیاف در محصولات خود موفق به دریافت عنوان دانش بنیانی شده است. استفاده از نانوالیاف موجب شده تا فیلترهای این شرکت توان جداسازی ذرات با ابعاد کوچکتری را داشته باشد، در واقع ذراتی که پیش از این از فیلترهای معمولی عبور می کرد و در موتور خودرو رسوب می کرد یا وارد ریه افراد می شد، در فیلترهای نانویی شرکت بهرمان فیلتر به دام می افتند که این به معنای تصفیه کارآمدتر هوا یا سیال عبوری از فیلتر است. استفاده از نانوالیاف در این فیلترها موجب شده تا منافذ موجود در این فیلترها نانومتری شده و طیف گسترده تری از ذرات را به دام بیاورد.

وی درباره تأثیر نانوفیلترهای این شرکت در کاهش آلودگی هوا می گوید: «در یک منطقه متوسط از نظر آلودگی، به ازای هر توربین گازی، هرسال تا شش تن آلودگی وارد محیط می شود که استفاده از نانوفیلترهای شرکت بهرمان فیلتر به کاهش این آلودگی کمک شایانی کرده است.»



شکل ۴- انواع مختلفی از فیلترهای تولید شده توسط شرکت بهران فیلتر

### ■ بازخورد نسبت به فیلترهای نانویی شرکت بهران فیلتر

مهندس سهیلی؛ سرپرست مدیریت بازرگانی مجتمع پارس جنوبی در نامه‌ای به شرکت بهران فیلتر، عملکرد آزمایش‌های میدانی روی این نانوفیلترها را مثبت ارزیابی کرده است.

مهندس تیرافکن؛ مدیرعامل شرکت مدیریت تولید برق کرمان، بعد از بازدید از نانوفیلترهای نصب شده در این شرکت، عبور کمتر غبار از نانوفیلترهای نیروگاهی شرکت بهران فیلتر را یکی از مزایای این نسل از فیلترها عنوان داشته است. بررسی‌های انجام شده توسط تیم فنی شرکت مدیریت تولید برق کرمان نشان داده است که روند افزایش افت فشار هنگام استفاده از نانوفیلترهای بهران فیلتر نسبت به زمانی که از فیلترهای رایج استفاده می‌شود، مطلوب بوده است. افزایش افت فشار یکی از پارامترهای سنجش عملکرد فیلترهای نیروگاهی است.

### شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال

شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال با استفاده از نانوالیاف، فیلترهای هوا برای توربین‌های مورد استفاده در نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها تولید می‌کند. این فیلترهای مبتنی بر فناوری نانو برای محافظت از آسیب به قطعات تجهیزات نیروگاهی توسط ذرات گردوغبار و آلودگی و دیگر ذرات مضر در هوا و با هدف جذب حداکثری ذرات گردوغبار به کار می‌رود.

میلاذ سیف بوشهری؛ مدیرعامل شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال می‌گوید: «در حال حاضر از این فیلترها در نیروگاه پرند، نیروگاه سیکل ترکیبی آبادان، نیروگاه سمنگان، شرکت انتقال گاز ایران و پالایشگاه سوم پارس جنوبی استفاده می‌شود.» مهندس بوشهری درباره مزیت‌های این فیلترها می‌گوید: «به دلیل استفاده از نانوالیاف با ضخامت کمتر و سطح ویژه بیشتر از الیاف معمولی، این فیلترها دارای عملکرد بهتری در فیلتراسیون هستند. وجود نانوالیاف باعث افزایش راندمان جذب گردوغبار می‌شود و در عین حال افت فشار زیادی ایجاد نمی‌کند. الیاف الکتروریسی شده دارای قطر کمتر از ۱۰۰ نانومتر بوده و سطح کاغذ فیلتر را به صورت یکنواخت پوشش می‌دهند. جنس این نانوالیاف به‌طور معمول از پلی‌آمید است.»

مدیرعامل شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال وجود خواص آب‌گریزی را در این فیلترها یک مزیت بزرگ می‌شمارد که تشکیل رسوب در فیلتر را به حداقل می‌رساند و این موضوع در مناطقی که رطوبت هوای بالایی دارد، یک مزیت بسیار بزرگ محسوب می‌شود.

به گفته میلاذ سیف بوشهری، شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال برای ساخت دستگاه تولید نانوالیاف اقدام کرده است. با راه‌اندازی این دستگاه در آینده نزدیک، شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال می‌تواند نانوالیاف



مورد نیاز خود را تولید کند. شرکت ماشین سازی اندیشه شمال در حال حاضر ظرفیت تولید ۱۲۰ هزار فیلتر هوا را در سال دارد.

## شرکت بهین پالایه شریف

شرکت بهین پالایه شریف با حمایت پارک علم و فناوری خراسان رضوی، موفق به تولید فیلترهای سلولزی عمقی تدریجی و سیستم های فیلتراسیون مرتبط شده است. با استفاده از این فیلتر نانو می توان هزینه نیروگاه های برق را کاهش داد. روغن توربین یک روانکار گردشی است که وظایفی از جمله روانکاری یاتاقان، چرخ دنده ها و کوپلینگ ها، انتقال حرارت و خنک کاری در یاتاقان ها، بهبود عملکرد هیدرولیکی و محافظت در برابر زنگ زدگی و سایش را برعهده دارد. ممانعت از اکسیداسیون و خوردگی، جداپذیری از آب و هوا و عدم کف کردن از جمله خواص فیزیکی و شیمیایی مهمی است که روغن توربین باید داشته باشد. وارنیش از ذرات نامحلول و بعضاً محلول ارگانیک مانند اکسیدهای چسبناک و مواد کربن دار موجود در روغن ایجاد می شود. در اثر کاهش دمای روغن به کمتر از ۵۰ درجه سانتی گراد و همچنین متراکم شدن این ذرات محلول و نامحلول، رسوبات قهوه ای زنگ که سخت و نازک هستند تشکیل می شود که وارنیش نام دارد. وجود وارنیش در روغن موجب گرفتگی فیلتر، آلودگی روغن نو، انتقال حرارت ضعیف در کولر روغن، افزایش دمای یاتاقان های توربین و مقاومت در برابر سیلان روغن برگشتی و نشست روغن می شود. به منظور کنترل کیفیت روغن از فیلتراسیون یا جلوگیری از ورود آلاینده ها استفاده می شود. فیلترها به دو صورت عمقی و سطحی موجود هستند. فیلترهای سلولزی عمقی از جمله فیلترهای مرسوم در تصفیه روغن توربین هستند که وجود نانوالیاف در این فیلترها موجب بهبود بازده حذف وارنیش از روغن می شود. با توجه به اینکه فیلترهای موجود از کاغذ ساخته شده، فیلتر سلولزی در مصرف کاغذ نیز صرفه جویی می کند.

برخلاف فیلترهای رایج که در بهترین حالت تنها قابلیت حذف ذرات بزرگ تر از ۳ میکرون را دارند، شرکت بهین پالایه شریف در طراحی و تولید فیلترهای بهیال حذف ذرات بزرگ تر از ۳ میکرون را جزء ابتدایی ترین وظایف این فیلترها دانسته و هدف نهایی این طرح را افزایش طول عمر روغن و کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری از طریق حذف آب، وارنیش و ذرات زیر یک میکرون می داند. در این میان فیلترهای بهیال وارنیش که در تولید آن ها از فناوری نانو بهره گرفته شده، به منظور حذف وارنیش و در نتیجه کاهش عدد اسیدی روغن و همچنین افزایش طول عمر روغن طراحی شده اند. از این فیلترها می توان برای فیلتراسیون روغن های با پایه نفتی یا سنتزی، مانند روغن های هیدرولیک، روغن های روانکار توربین، روغن های دنده و روغن های ترانسفورماتور استفاده کرد. این فیلترها از درجه فیلتراسیون ۴٪ میکرون مطلق برخوردار هستند و به واسطه آن ۹۸/۷ درصد از جرم همه ذرات بالاتر از ۴٪ میکرون در هر دور عبور از فیلتر حذف می شوند. همچنین ظرفیت جذب آلودگی این فیلتر ۱/۸ لیتر از جامدات یکنواخت است. در این فیلتر مواد ناشی از تخریب روغن، یعنی مواد اکسید شده، رزین/اسلاج و وارنیش توسط مواد سلولزی جذب می شوند. همچنین این فیلتر توانایی جذب بالقوه آب حدود ۵۰ درصد ظرفیت کل نگهداری آلودگی روغن را دارا است. همچنین کارتریج این نوع فیلترها از تعدادی دیسک های تکی تشکیل شده است. این فیلترها به صورت ترکیبی از سلولزهای مختلف، میکروسولولز و نانوسولولز که سطح الیاف آن ها توسط فرایندهای شیمیایی به منظور بالاترین میزان دقت فیلتراسیون فعال شده، تولید می شوند. افزایش دقت فیلتراسیون از ۳ میکرون به ۴٪ میکرون و تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی الیاف سلولز به

منظور بهبود جذب سطحی وارنیش از جمله خواص فیلتر حذف وارنیش روغن توربین تولید شده در شرکت بهین پالایه شریف است که به واسطه استفاده از فناوری نانو ایجاد شده است. قیمت بسیار پایین‌تر از نمونه مشابه دانمارکی، در دسترس بودن و تولید تمامی مواد اولیه مورد نیاز توسط شرکت بهین پالایه شریف از مزایای رقابتی محصول نسبت به نمونه‌های موجود در بازار است.

### شرکت دانش بنیان نانوفناوران خاور

این شرکت، تولیدکننده نانوفیلترهای صنعتی با قابلیت جذب ذرات و طول عمر بیشتر و دارای گواهی‌های متعدد همچون تاییدیه نانومقیاس از ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، استاندارد بین‌المللی سیستم مدیریت کیفیت (ISO 9001:2008) و سیستم رضایت مندی از مشتریان (ISO 10004:2012) از شرکت QEC CERTIFICATION انگلستان است. فیلترهای کاربردی این شرکت، به عنوان یکی از انواع فیلترهای صنعتی، شامل فریم فلزی و مدیا از جنس‌های پلی استر، پلی پروپیلن و یا سلولزی (به سه شکل چین خورده، الیاف به هم تنیده و چندلایه) است که در صنایع مختلفی از جمله رنگ، معدن، نیروگاه‌ها، نفت و پتروشیمی کاربرد وسیعی دارند.

به گفته سید امیر حسین تقوی؛ مدیرعامل و عضو هیئت‌مدیره این شرکت، استفاده از این نوع نانوفیلترها علاوه بر سلامت محیط زیست، برای سلامت کارگران مفید است و عمر فیلترها نیز به دلیل وجود نانوالیاف و فیلتراسیون سطحی، افزایش یافته و دیرتر اشباع می‌شوند که موجب کاهش هزینه بخش فیلتراسیون صنایع خواهد شد.



شکل ۵- فیلتر سلولزی عمقی تصفیه روغن توربین شرکت بهین پالایه شریف

## شرکت فناوران نانومقیاس

نادر نادری؛ مدیرعامل شرکت فناوران نانومقیاس، درباره نفوذ فناوری نانوالیاف در صنعت نانوفیلتر نیروگاهی می‌گوید: «در حال حاضر استقبال خوبی از فناوری نانوالیاف توسط شرکت‌های داخلی تولیدکننده نانوفیلتر نیروگاهی به عمل آمده است. هرچند برخی شرکت‌ها اقدام به خرید کاغذهای حاوی نانوالیاف از خارج کرده‌اند، اما پایین بودن قیمت فناوری داخلی و عملکرد مثبت آن، مزیتی برای شرکت‌هایی نظیر آزاد فیلتر و بهران فیلتر است که از این فناوری بومی استفاده می‌کنند.»

در واقع می‌توان گفت که حرکت اولیه صنعت در بومی‌سازی فناوری نانوالیاف در این مرحله به ثمر نشسته است و تولید نانوالیاف در داخل کشور موجب افزایش ارزش افزوده در مرحله استفاده صنعتی از نانوالیاف شده است. در حالی که اگر از فناوری وارداتی استفاده می‌شد، چالش‌های بیشتری در کمین مصرف‌کنندگان نانوالیاف در صنعت داخلی بود. مدیرعامل شرکت فناوران نانومقیاس طول عمر نانوفیلترهای داخلی را مطلوب ارزیابی می‌کند. در برخی نیروگاه‌ها نظیر نیروگاه کرمان، این نانوفیلترها بعد از دو سال کار مداوم، هنوز عملکرد قابل قبولی دارند؛ در حالی که عمر فیلترهای رایج بین شش ماه تا حداکثر دو سال است.

## بازار فیلترهای نیروگاهی در ایران

در حال حاضر بازار مصرف نانوفیلترهای نیروگاهی در بازار داخل کشور ۴۰۰ هزار فیلتر در سال تخمین زده می‌شود که شرکت‌های داخلی ظرفیت تأمین آن را دارند؛ بنابراین یکی از برنامه‌ها و اولویت‌های تولیدکنندگان داخلی، صادرات این نانوفیلترها به خارج از کشور است. در واقع بعد از قریب به یک دهه از شروع فعالیت توسعه فناوری بومی نانوالیاف در داخل کشور، استفاده صنعتی از نانوالیاف در بخش فیلترهای نیروگاهی به مرحله‌ای رسیده که می‌توان آن را آماده شدن برای صادرات نام‌گذاری کرد. هرچند گام بعدی در این مسیر و وارد شدن به دوره صادرات نانوفیلترهای نیروگاهی با چالش‌هایی همراه است.

## آینده فناوری فیلترهای نیروگاهی در ایران

اگر بوی اعتمادی نسبت به دستاوردهای اولیه صنعت نانوالیاف، چالش اولیه توسعه این فناوری بود، تسهیل مسیر صادرات را می‌توان چالش فعلی این صنعت دانست. به نظر می‌رسد فناوری تولید و استفاده از نانوالیاف در صنعت به بلوغ خود رسیده به شکلی که امکان صادرات برای تولیدکنندگان داخلی فراهم شده است. گذر از مرحله تأمین نیاز داخل و رسیدن به جایگاه صادرات را می‌توان دستاورد یک مارا تن ده ساله دانست که تنها با صبر و تلاش‌های مستمر قابل دستیابی است.



به نظر می‌رسد مسیر پرفرازونشیب یک دهه گذشته که با توسعه تجهیزات تولید نانوالیاف آغاز شده، با استفاده از این نانوالیاف در صنعت فیلترهای نیروگاهی وارد دوره تازه‌ای شده است. فناوری نانوالیاف توانسته است وارد حوزه ساخت فیلترهای نیروگاهی شود و ارزش افزوده قابل توجهی در این صنعت ایجاد کند تا علاوه بر بهبود کارایی بخش فیلترهای نیروگاهی، چشم‌اندازهایی نیز برای صادرات در کشور به وجود آورد. در نهایت می‌توان گفت که جلوگیری از خروج ارز، اشتغال‌زایی، افزایش بهره‌وری در بخش نیروگاهی و کاهش آلودگی هوا از جمله مزیت‌های نفوذ فناوری نانوالیاف در بخش فیلترهای نیروگاهی باشد.





www.behranfilter.ir



www.azadfilter.ir



www.fa.fnm.ir



www.behpalsharif.com



www.nanokhavar.com



www.andisheshomal.com