



نانو تکنولوژی

کاربرد فناوری نانو در صنعت نساجی

محسن عسکری - منتشر شده توسط ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

فناوری نانو چیست؟

در صنعت خودرو، کشتی‌سازی، ساختمان و یا هوانوردی، در صنعت ماشین‌آلات و ابزار ماشین‌آلات، الکترونیک، برق و دستگاه‌های پزشکی، ساخت و ساز یا کشاورزی و به میزان کمتر مواد چوبی یا چرمی مبلمان، کالاهای ورزشی و دیگر زمینه‌های کاربرد ی کوچک‌تر شود. در مقیاس جهانی، صنعت تولید الیاف، منسوجات و محصولات مبتنی بر منسوجات در حال تکامل و رشد است. بخش قابل توجهی از این رشد در مناطقی از جهان که تجربه سریع‌ترین نرخ رشد در مصرف منسوجات مرسوم دارند همچون آسیای جنوبی و شرقی و آمریکا لاتین صورت خواهد گرفت.

بنابراین چشم‌انداز آینده صنعت نساجی و پوشاک تنها می‌تواند حول مفهوم پویایی، نوآوری، حرکت مبتنی بر دانش و شبکه‌های

فناوری نانو به عنوان یکی از فناوری‌های کلیدی قرن بیست و یکم، توجه جدی کشورها و شرکت‌های بزرگ دنیا را به خود جلب نموده است. در بهره‌گیری از فناوری‌های متداول، می‌توان اثرات ویژه آن در بهبود خواص را درک نمود. ایجاد پوشش‌های نانوساختار بر روی منسوجات به منظور ایجاد خواص جدید در آنها، استفاده از نانوذرات در ساختار منسوجات و الیاف با قابلیت ایجاد خواص همچون ضدباکتری، ضد بو، دیپرسوزی، ضد آب و لکه‌گریز از جمله این موارد است. استفاده از فناوری نانو در صنایع نساجی می‌تواند باعث افزایش کارایی منسوجات، ایجاد خواص جدید در آنها، کاهش هزینه‌های تولید با تغییر فرآیندها و توسعه کاربردهای منسوجات در حوزه‌های دیگر از جمله منسوجات پزشکی و ژئوتکستایل‌ها شود. لذا در این نوشتار، علاوه بر اهمیت و مزایای استفاده از فناوری نانو در صنعت نساجی، بر کاربردهای این فناوری اشاره‌ای شده است تا صنعتگران و مدیران شرکت‌ها با استفاده بهینه از این دانش و فناوری بتوانند موجب افزایش بهره‌وری شرکت خود و بهبود کارایی منسوجات تولیدی شرکت خود شوند.

آینده صنعت نساجی

منسوجات همیشه نقش حیاتی در زندگی انسان بازی کرده و هیچ دلیلی برای این باور که اهمیت آن در قرن بیست و یکم کاهش می‌یابد وجود ندارد. در مقابل، در حالی که هیچ جایگزین جدی برای منسوجات متعارف زمینه‌های پوشاک و دکوراسیون داخلی وجود ندارد، پیش‌بینی می‌شود منسوجات و مواد مرکب مبتنی بر منسوجات، جایگزین بسیاری از مواد فلزی و پلاستیکی مورد استفاده



لباس خودتمیزشونده



مشتری مدار تجارت شکل بگیرد.

ایجاد کند:

- تحول با توسعه مبتنی بر فناوری نانو. به عنوان نمونه بازار جذاب منسوجات فنی و پزشکی را می‌توان مثال زد.
- رقابت با ترکیه و شرق آسیا. مثال این بخش تولید پوشاک به عنوان محصولی با شصت درصد سهم در بازار منسوجات است.

حوزه های کاربردی نانوفناوری در صنعت نساجی

گستره قابل توجهی از کاربردهای مختلف ایجاد شده با نانوفناوری زمینه‌های جذابی را در حوزه نساجی ایجاد کرده است.

الیاف کامپوزیتی نانوساختار

الیاف کامپوزیتی نانوساختار از الیافی هستند که در ساختار آنها از مواد نانوساختار استفاده شده است. مزیت اساسی الیاف نانوکامپوزیتی تولید شده توسط روش ذوب ریسی این است که تنها با اعمال تغییرات اندک می‌توان یک خط تولید الیاف پلیمری معمولی را به خط تولید الیاف کامپوزیتی نانوساختار تبدیل کرد.

نانو کامپوزیت

نانوکامپوزیت به گروهی از کامپوزیت‌ها گفته می‌شود که حداقل یکی از اجزای آنها نانومقیاس باشد. نانو کامپوزیت‌های حاصل از پلیمرها و نانوذرات فلزی، اکسیدها و سایر مواد خصوصیات متنوع و بهبود یافته‌ای دارند. به عنوان مثال خواص تأخیر در شعله پذیری کامپوزیت‌های شامل نانو ذره سیلیکات می‌تواند به خوبی مصارفی در سرویس خواب، پرده‌ها و غیره پیدا کند.

نانو الیاف

هنگامی که قطرالیاف پلیمری از میکرون به چندصد نانومتر کاهش یابد، می‌تواند خواص ویژه‌ای نظیر نسبت سطح به حجم بسیار بالا در مقایسه با مواد شناخته شده بدست آورد. این خواص برجسته، نانوالیاف پلیمری را گزینه‌ی مناسبی جهت بسیاری از کاربردهای مهم از جمله فیلتراسیون، منسوجات پزشکی و ... می‌نماید. روش مرسوم در تولید نانوالیاف فرایند الکتروریسی است.

چرا منسوجات به سمت نانو می‌روند؟

- (الف) مزایای فنی و مهندسی
 - بهبود کارایی منسوجات
 - ارتقاء کیفیت محصولات
 - امکان ایجاد نوآوری در توسعه محصولات جدید
 - حوزه کاربردی گسترده
 - قابلیت انجام عملیات روی تمام انواع منسوجات
 - بهبود یا نوآوری در فرآیندهای تولید
- (ب) مزایای اقتصادی و تولیدی
 - ایجاد ارزش افزوده
 - تولید ثروت
 - افزایش قدرت رقابت پذیری در بازارهای داخلی و خارجی
 - ارائه راه کارهایی برای تولید محصولات دوستدار محیط زیست
 - بهبود فرآیندهای تولید و کاهش هزینه‌های آن از طریق تغییر در فرآیندها

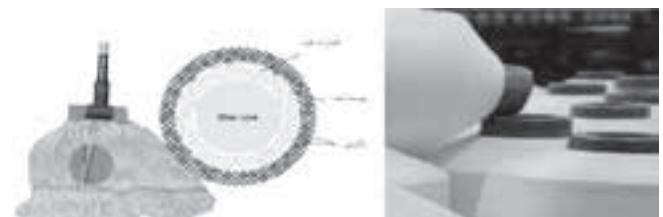
فناوری نانو چه فرصت‌های جدیدی برای صنعت نساجی ایجاد می‌کند؟

طبق تخمین ارائه شده توسط موسسه Cientifica ارزش بازار محصولات نساجی که از فناوری نانو استفاده می‌کنند در سال ۲۰۰۷ در حدود ۱۳/۶ میلیارد دلار و در سال ۲۰۱۲ با رشد تقریباً نه برابری به عدد ۱۱۵ میلیارد دلار رسیده است. بایک نگاه اجمالی به متوسط نرخ رشد در سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۲ مشخص می‌شود که فناوری نانو دارای تأثیرات متفاوت در بخش‌های مختلف صنعت نساجی است. بیشترین تأثیر برای منسوجات ورزشی/منسوجات بیرون از خانه پیش‌بینی می‌شود (۲۴۷/۹۲ درصد در سال)، که پس از آن منسوجات فنی غیرمتعارف (۱۳۳/۱۲ درصد در سال)، منسوجات پزشکی (۱۰۱/۵۹ درصد در سال)، منسوجات نظامی (۶۵/۱۷ درصد در سال)، منسوجات خانگی (۵۶/۰۴ درصد در سال) و منسوجات مورد استفاده در پوشاک (۱۴/۲۱ درصد در سال) قراردارند.

فناوری نانو می‌تواند از دوجنبه فرصت جدیدی برای صنعت نساجی



دستگاه الکتروریسی صنعتی (سمت راست) شرکت فناوری نانو ساختار آسیا (سمت چپ) شرکت نانومقیاس



نخ با ساختار نانوکامپوزیتی ضد باکتری (سمت راست) شرکت تهران زرنخ (سمت چپ) شرکت جونز آمریکا



نانو تکمیل‌ها

در رنگرزی ایجاد کرد. مثلاً فناوری پلازما با اصلاحات سطحی فیزیکی و شیمیایی در حد نانو می‌تواند بدون تغییر خواص توده (بالک) سبب افزایش آبدوستی و تغییر گروه‌های شیمیایی سطح شده و بهبود و یا تغییر در رنگپذیری و ثبات رنگی را حاصل کند.

کارکردهای ویژه نانوفناوری در نساجی

منسوجات چندمنظوره

فناوری نانو به منسوجات امکان ترکیب خواص مختلف را می‌دهد بدین ترتیب آنها می‌توانند به سمت چند منظوره شدن حرکت کنند. هرچه کارکردهای مفید ترکیب افزایش یابد ارزش افزوده کالا بالاتر خواهد رفت. برای مثال از فناوری پلازما می‌توان برای تغییر لایه‌های نانومتری بالایی منسوجات استفاده کرد که می‌تواند بصورت همزمان باعث ایجاد خواص ضد باکتری، ضدقارچ و دفع آب در آنها شود.

منسوجات با کارایی بالا

در حال حاضر مصرف‌کنندگان متقاضی لباس‌هایی هستند که در ضمن زیبا بودن، خوشبو، راحت و پاکیزه بوده و نگهداری از آن نیز آسان باشد. همچنین برخی منسوجات دارای خصوصیات ویژه در این دسته قرار می‌گیرند.

پارچه‌ها و پوشاک مبتنی بر فناوری‌های برتر که به منظور تولید لباس‌های با کارایی بالا طراحی شده‌اند، توانسته‌اند چارچوب مدهای روزمره را از بین ببرند.



جوراب مجهز به نانوالیاف PVDF، جهت برداشت انرژی از راه رفتن، محصول شرکت Teijin ژاپن

۳- محصولات تجاری شده

مثال اول؛ کاربردهای فناوری نانو در پوشاک

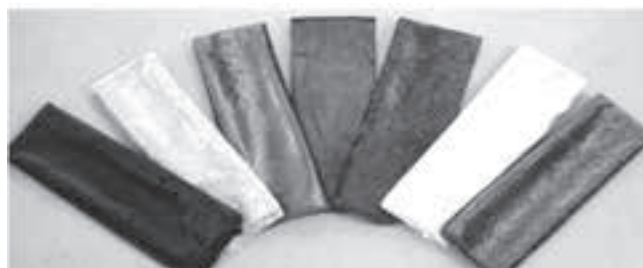
قیمت پوشاک توانمندشده با نانو نسبت به محصولات معمولی در بازار تنها بیش از ده درصد بالاتر است. این امر موجب پذیرش وسیع این فناوری میان تولیدکنندگان مواد می‌شود. شرکت Schoeller با استفاده از نانوذرات دی اکسید تیتانیم پوشش‌های خودتمیزشونده را برای ممانعت در برابر آب، لک، روغن، بو، میکروب و چرک ارائه داده است.

نانوپوشش‌ها شامل پوشاندن سطح با نانومواد یا لایه‌های نانومتری است. برای بکاربردن نانو پوشش‌ها در نساجی که با سطوح ناهموار در رابطه است از روش‌هایی مثل پلازما، سل ژل، لایه به لایه و ... استفاده می‌شود.

نانوپوشش‌ها در منسوجات شامل پوشش‌های ضد چروک، ضد آب، ضد روغن، ضد شعله، ضد باکتری، ضد بو و عرق، ضد حشره، دفع آب، ضد اشعه ماوراء بنفش، ضد الکتروسیته ساکن، ضد اشعه یووی، قابلیت تنفس و آب دوستی و ... هستند.

نانو رنگرزی

کالا رنگرزی برای برخی از الیاف مصنوعی مانند پلی‌پروپیلن به خاطر ساختار کریستالی و نبود گروه‌های عاملی و غیر قطبی بودن آن سخت است. قابلیت‌های الیاف با وارد کردن نانو پرکننده‌ها می‌تواند تغییر کند و رفتار رنگ‌پذیری بهبود یابد. مثلاً نخ‌های نایلونی شامل نانو کلی با رنگزای دیسپرس سریعتر رنگرزی می‌شوند.



پارچه‌های ابریشمی رنگرزی شده با نانو ذرات طلا و نقره

افزایش قابلیت رنگپذیری پارچه‌ها به روش پوشش‌دهی مواد جاذب بر روی پارچه‌ها نیز صورت می‌گیرد. به عنوان مثال ایجاد لایه نانومتری کیتوسان بر روی ابریشم باعث افزایش سطح ابریشم به میزان چشم‌گیری می‌شود که قابلیت رنگپذیری آن را به میزان ۱۰۰ تا ۲۰۰ برابر افزایش می‌دهد. مزیت اقتصادی این روش کاهش مصرف مواد رنگی است.

در برخی موارد با استفاده از اصلاحات سطحی نانویی می‌توان بهبود



(سمت راست) استفاده از پارچه‌های پوشش داده شده با پیژوالکتریک جهت برداشت انرژی از جریان باد (سمت چپ) الیاف پیژوالکتریک



تولید کرده که ضد گلوله، عبور دهنده هوا، ضد سم و آنتی باکتریال هستند.



نانوسنسورهای لیفی موجود در پوشاک برای گزارش زخمی شدن سرباز



نمونه‌ای از پوشاک تولید شده با تکنولوژی نانو- پوشاک ضد آب

مثال چهارم؛ کاربرد فناوری نانو در منسوجات پزشکی

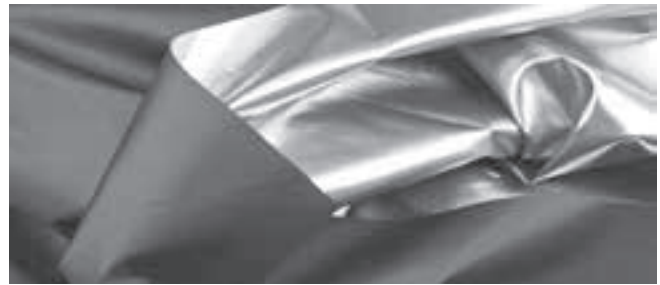
هر چند که ظرفیت بازار پارچه‌های دارای خواص بهداشتی و ضد باکتریایی بسیار بالاست اما هزینه تولید اینگونه پارچه‌ها چندان بالا نبوده، زیرا تنها به پرداخت پارچه‌های معمولی با روکش‌های ضدباکتری نیاز است. بانداژهای زخم مجهز به نانوذرات نقره برای بیماران سوختگی، محصول شرکت Nucryst Pharmaceuticals Acticoat، بانداژهای ضدباکتری تولید شده با استفاده از نانوکامپوزیت ضدباکتری در شرکت داروسازی عماد و نخ‌های جراحی تولید شده با نانوالیاف جهت درمان جراحات محصول شرکت Alltracel Pharmaceuticals از جمله این منسوجات است.

مثال دوم؛ کاربرد فناوری نانو در منسوجات خانگی

صنعت نساجی یکی از بزرگترین بازارهای صنعتی را دارا است و منسوجات خانگی و آنچه که در اثاثیه منزل یا در بخش رویه‌کوبی میلمان کاربرد دارد را شامل می‌شود. گرایش به تولید پارچه‌هایی راحت با نگهداری آسان (حداقل نیاز به تمیز کردن و ...) نشانه مثبتی از فرصت خوبی است که محصولات تولید شده با فناوری نانو (با توجه به ویژگی‌های اضافی که دارند) از آن برخوردار هستند. موسسه Suzutora با پوشش‌های نانو فلزی، پرده‌های مقاوم در برابر اشعه UV و شرکت MIPAN Nano Magic Silver با پوشش‌های نانو نقره، فرش‌های ضد میکروب عرضه کرده‌اند.



شکل ۳: پانسمان ضد باکتری حاوی نانوکریستال‌های نقره الف- تولید شده توسط شرکت smith&nephew ب- تولید شده توسط داروسازی عماد



پرده پوشش داده شده با نانوفلز- محصول شرکت Suzutora

مثال پنجم؛ کاربرد فناوری نانو در پوشاک ورزشی و لباس‌های بیرون از منزل

مصرف‌کنندگان منسوجات ورزشی با توجه به عملکرد و قابلیت‌های بهتر این محصولات حاضرند قیمت بیشتری را بپردازند بطوریکه فواید محسوس و نامحسوس این محصولات بسیار بیشتر از آن است که تحت تأثیر افزایش هزینه‌ها در صنعت منسوجات ورزشی قرار گیرند. پارچه مخصوص لباس غواصی که توسط شرکت Suzutora ساخته شده با روکشی از نانوذرات فلزی می‌تواند ضمن حفظ گرمای بدن، غواصی راحت و لذت بخشی را به ارمغان می‌آورد.

مثال سوم؛ کاربرد نانو فناوری در صنایع نظامی

هزینه‌های تولید در صورت استفاده از فناوری نانو می‌تواند باعث افزایش ۱۰ تا ۵۰ برابری در هزینه‌ها برای بخش منسوجات الیاف نظامی شود، اما به نظر می‌رسد که قیمت محصولات در بازار ۳ الی ۴ برابر افزایش می‌یابد. در نتیجه سودناشی از استفاده از فناوری نانو، به‌طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر از هزینه‌های اضافی برای بخش منسوجات نظامی است و منجر به تقابل گسترده‌ای میان کیفیت و کمیت تولیدکننده‌های مواد خواهد شد. دانشگاه MIT با استفاده از نانولوله‌های کربنی، نوعی لباس‌های محافظ با ضریب محافظتی بالا



شکل ۴. استفاده از روکش های نانوفلزی برای لباس های غواصی

راهبردهای مدیریتی

جمله فعالیتهایی است که باید تمرکز بیشتری بر روی آنها صورت گیرد. همچنین راه اندازی خطوط تولید مستریج های نانویی و خطوط تکمیل با فناوری ایجاد پوشش های نانویی بر روی منسوجات از دیگر اولویتهای توسعه فناوری نانو در صنعت نساجی خواهد بود.

۳- نیاز به مهندسی و طراحی فرآیندهای بر اساس تقاضای مشتری

همانطور که در این گزارش اشاره شد، ساخت و تولید تجهیزات، مواد اولیه، مواد واسط، روش های تولید و توسعه دانش فنی استفاده از آنها در تولید منسوجات نانویی سبب بهبود کارایی منسوجات رایج و در برخی موارد ایجاد خواص و ویژگی های جدید در آنها و یا ایجاد منسوجی جدید و یا کارایی تازه می گردد. تنوع این ویژگی ها و خواص به پارامترهای مختلفی بستگی دارد. لذا تقویت تیم مهندسی کارآموده در واحدهای تحقیق و توسعه شرکت ها می تواند به این مهم کمک نماید.

۴- توسعه فناوری های زیرساختی

یکی از راهکارهای بهبود وضعیت صنایع و به روزسازی محصولات و فناوری های مورد استفاده در صنایع، استفاده از فناوری هایی است که پایه و زیربنای تعداد زیاد و متنوعی از محصولات هستند. این فناوری ها که در اصلاح مدیریت فناوری به آنها فناوری های زیرساختی (Technology Platform) گفته می شود، از جمله راهکارهای اصلی و مهم توسعه پیوسته صنعتی است. همانطور که این فناوری ها گستره و کاربرد زیادی دارند، به همان میزان نیز سرمایه گذاری، تجهیزات و منابع انسانی نیاز دارد که این مهم تنها از طریق تشکیل گروه های کاری مشترک و انجام یک فعالیت تیمی کامل و منظم امکان پذیر است. لذا برنامه ای که ستاد نانو در دست اجرا دارد می تواند سه عضو اصلی این تیم مشترک که عبارتند از صنایع، مراکز پژوهشی و دولت را در کنار یکدیگر قرار داده تا بتوانند با رصد فناوری ها، فناوری های زیرساختی را شناسایی کرده و اقدام به توسعه و بکارگیری اینگونه فناوری ها در صنایع کشور نمایند.

همانطور که اشاره شد، کاهش هزینه ها و افزایش بهره وری از اهداف راهبردی شرکت های فعال در صنعت نساجی است به طوری که امروزه تمرکز بسیاری از شرکت ها بر استفاده فناوری های نوین در بهبود فرآیندهای تولید، ایجاد خاصیت های جدید در منسوجات، تولید منسوجات با کاربردهای نو و کاهش هزینه های تولید از طریق استفاده از فرآیندهای نوین است. در حال حاضر در ایران شرکت هایی در حوزه تولید مستریج های نانویی در حال فعالیت هستند که آمادگی ارائه محصول و همچنین راه حل برای سایر تولید کنندگان صنعت نساجی به ویژه بخش ریسندگی هستند.

به دلیل جدید بودن این فناوری در کشور، چالش های مختلفی بر سر راه استفاده از این فناوری در صنایع نساجی وجود دارد. رفع این چالش ها به راهکارها و روش های عملیاتی برنامه ریزی شده نیازمند است که در ادامه ارائه شده است.

۱- آشناسازی صنایع با موضوع فناوری نانو

همانطور که اشاره شد، صنعت نساجی یکی از حوزه های پر کاربرد فناوری نانو و به خصوص نانوکامپوزیت ها و نانو مواد خواهد بود. لذا آشنا کردن مهندسان، تکنسین ها و مدیران از مزایا و اهمیت این فناوری و نیز تعامل با متخصصان و فعالان این حوزه می تواند راهکار مناسبی برای کاهش هزینه ها و بهبود کارایی، تولید محصولات جدید و بهبود فرآیندهای تولید ارائه نماید.

۲- نیاز به مواد اولیه نانویی

به دلیل اینکه اغلب الیاف پلیمری مصنوعی و پوشش های نانویی منسوجات نیازمند استفاده از نانومواد و مستریج های نانویی هستند، از این رو شرکت های سازنده اینگونه محصولات نیازمند استفاده از نانومواد، مستریج های نانویی و دانش تولید الیاف نانوکامپوزیتی هستند. بنابراین تقویت و یا ایجاد شرکت های تولید کننده نانومواد و مستریج از