مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو • گزارش شماره ۹۱

کاربردهای فناوری نانو در پوشاک

ویرایش نخست

سال انتشار: ۱۳۹۴

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو • www.nano.ir

شناسنامه

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

طراحی و اجرا: توسعه فناوری مهرویژن

نظارت: داود قرایلو
report@nano.ir

تهیه‌کننده: گروه ترویج صنعتی نانونساجی
textile@nano.ir

تلفن: ۰۲۱-۶۳۱۰۰

نمابر: ۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰

پایگاه اینترنتی: www.nano.ir

صندوق پستی: ۱۴۵۶۵-۳۴۴

فهرست مطالب

- مقدمه ۳
- موارد کاربرد فناوری‌نانو در پوشاک ۳
- کاربردهای فعلی فناوری‌نانو در پوشاک ۳
  - لباس خودتمیزشونده ۵
  - لباس ضد چروک ۵
  - لباس جاذب رطوبت ۶
  - لباس ضد میکروب ۷
  - پوشاک کنترل‌کننده بوی نامطبوع ۷
  - لباس‌های مطابق مد با ظاهر و بویی جذاب ۸
  - تولید لباس‌های خودرنگ و با رنگ‌پذیری بهتر ۸
  - پوشاک ضد الکتریسیته ساکن ۹
  - لباس‌های محافظ در برابر نور خورشید ۱۰
  - لباس گرم‌کننده و خنک‌کننده ۱۰
- شرکت‌های فعال در زمینه به کارگیری نانو در پوشاک ۱۱
- محصولات و بازارها ۱۲
  - Nano-Care® و Nano-Care2 ..... ۱۲
  - Nano- Pel® ۱۲
  - Nano- Dry® ۱۲
  - Nano- Touch® ۱۳
  - Nano- Fresh® ۱۳
  - UPF Protection® ۱۳
  - Selfclear® ۱۳
  - Ultra-Fresh Silpure® ۱۴
  - محصولات ۳۰۱۲ – NanoShield™ ZN و ۳۰۱۰ – NanoShield™ ZN ۱۴
- جمع‌بندی ۱۴

مقدمه

فناوری نانو به منظور افزایش کارایی و ایجاد خواص نوین در محصولات به یاری علوم مختلف آمده است. تولیدکنندگان پوشاک همواره در پی راهکارهایی برای پیشی گرفتن از رقبایشان بوده‌اند و فناوری‌نانو این راه را در اختیار ایشـان قرار می‌دهد. با استفاده از فناوری نانو می‌توان ویژگی‌های اصلی منسوجات از قبیل نرمـی، ماندگاری خواص، اسـتحکام، قابلیت جذب رطوبت و غیره را بهبود بخشـید و خواص کاربردی جدیدی نظیر ضدمیکروبی، کندسوزی، ضدآب و لکه، خودتمیزشوندگی، محافظت در برابر پرتو و غیره در منسـوجات ایجاد کرد. پیش‌بینی میشـود به مدد فناوری نانو صنعت پوشاک به یک صنعت پردرآمد و پیشرو، با بهره‌وری اقتصادی مناسب و عدم تأثیر نامطلوب بر محیط‌زیست تبدیل شود.

با توجه به اینکه بازار پوشـاک بیـش از ۶۱ درصد از کل بازار منسـوجات را در جهان به خود اختصاص می‌دهد، پیش‌بینی می‌شـود درحالی‌که در سـال ۲۰۱۲، تقاضای تخمینی از پوشـاک نانوفناورانه در بازار پوشاک جهانی به ۲۴/۵۳ میلیارد دلار رسید، این میزان در سال ۲۰۲۰ به بیش از یک‌صد میلیارد دلار برسد. در سـال‌های اخیر با ظهور کاربردهای جدید منسوجات نانو، روند رشد از سرعت بیشتری برخوردار بوده است[۱].

موارد کاربرد فناوری نانو در پوشاک

به‌طورکلی، فرصت‌های اصلی ایجاد ارزش توسـط فناوری نانو در صنعت پوشـاک را می‌توان به هفت بخش تقسیم‌بندی نمود[۲].

۱ ارتقا سطح بهداشت: پوشاک ضد میکروب (ضد باکتری، قارچ وغیره)/ ضدبو
۲ سهولت استفاده: پوشاک دافع آب/روغن/لکه، ضد الکتریسیته ساکن، ضد چروک، ضد رنگ‌پریدگی
۳ محافظت در برابر پرتو نور خورشید / پرتو فرابنفش
۴ بهبود میزان راحتی: کنترل تعرق، مدیریت رطوبت در پوشاک
۵ ظاهر خلاقانه و تأثیرگذار بر مُد
۶ مبارزه با تقلب در نام‌های تجاری
۷ پوشاک الکترونیکی

کاربردهای فعلی فناوری نانو در پوشاک

امروزه مردم خواستار ویژگی‌هایی همچون مقاومت در برابر لکه، بو، چروک، رنگ‌پریدگی و کنترل تعرق در لباس‌های روزمره خود هسـتند. با اسـتفاده از روش‌های پوشـش‌دهی در مقیاس نانـو، می‌توان عملکرد پوشاک روزانه را ارتقا داد. پارچه‌هـای معمـولی همـانند پنبه و الیاف مصنوعی اگر با فناوری نانو بهبود یابند، به پارچه‌هایی تبدیـل مـی‌شوند که بدون از دست دادن ویژگی‌های فیزیکی (رنگ، انعطاف‌پذیری، تنفس‌پذیـری و وزن)، ویژگی‌هـای جدیـدی نظیر ضد آب، ضـد لکه، ضد باکتری، ضـد چروک و ضد الکتریسیته ساکن را به دست می‌آورند. با استفاده از فناوری نانو ایجاد خصوصیات عملکردی پیشرفته بدون تأثیـر نامطلوب بر ظاهر، زیردسـت[1] و راحتی پارچـه امکان‌پذیر خواهد بود. تکمیل‌های مرسـوم[2] که برای ایجاد این خصوصیات عملکردی در منسـوجات به کار می‌روند، به راحتی با شست‌وشـو یا پوشـیدن از بین

می‌رود. از آنجایی که با استفاده از فناوری نانو تغییرات ایجادشده در پارچه در سطح مولکولی اتفاق می‌افتد، این تغییرات نسبتاً دائمی هستند. از کاربردهای دیگر فناوری نانو در پوشاک می‌توان به مقاومت در برابر ساییدگی، استحکام بالا و رسانش در پوشاک هوشمند اشاره کرد. هرچند در حال حاضر این جنبه‌ها چندان تجاری نشده یا به بازارهای خاصی محدود است؛ لیکن طیف وسیعی از ایده‌ها توسط طراحان یا مراکز مُد پیشنهاد شده است، با این وجود هیچ یک از آن‌ها هنوز برای تولید انبوه از توجیه اقتصادی برخوردار نیستند.

جدول ۱. به‌کارگیری فناوری نانو در بخش پوشاک [۲]

کاربرد	فناوری	قابلیت مضاعف	شرکت‌های فعال
پوشش‌های خودتمیزشونده	۱. نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم ۲. نانو لوله‌های کربنی ۳. نانو الیاف ۴. نانو ذرات سیلیکا	ضد آب، لکه، روغن، بو و میکروب	Schoeller Nano Sphere Nano-Tex Exlan
پوشش‌های ضد میکروب	نانو الیاف نقره	ضد میکروب، ضد بو	JR Nanotech SoleFresh
پوشش‌های ضد بار الکتریکی ساکن	۱. نانو پرکننده‌ها ۲. نانو ذرات اکسید فلزی ۳. امولسیون‌سازی در ابعاد نانو	مقاومت در برابر بار الکتریکی ساکن	Nano-tex GoreTex
پوشش‌های مانع پرتو فرابنفش (UV)	۱. نانو بلور اکسید روی ۲. نانو ذرات خاک رس	شفافیت همراه با محافظت در برابر پرتو UV؛ مقاومت در برابر سایش، سختی و استحکام	Eddie Bauer
لباس‌های خنک کننده و خشک کننده	امولسیون‌سازی در ابعاد نانو	آب دوستی، عایق گرما و عبور دهنده جریان هوا	Nano-Tex
لباس‌های دارای ظاهر فلزی و درخشنده	پوشش نانو فلزی	اثر سطح ویژه	Suzutora

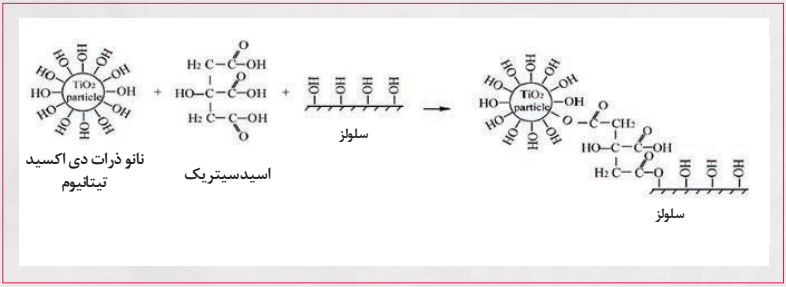
لباس خودتمیزشونده

اصول کار این لباس‌ها از برگ گیاه نیلوفر آبی الهام گرفته شـده اسـت که همواره تمیز است. این فرایند برای پوشـاک کودکان، لباس ورزشی یا یونیفورم‌ها ایده‌آل است. دو روش برای ایجاد خاصیت خودتمیزشوندگی در منسـوجات مورداسـتفاده قرار می‌گیرد. در روش اول نانو ذرات بـا قابلیت فوتوکاتالیسـتی (TiO_2) که بر سـطح منسـوج قـرار داده می‌شـوند، از توانایـی تجزیـه لکه‌های آلـی برخوردار هسـتند. در روش دوم با اَبَر آب‌گریز کردن سـطح منسـوجات با استفاده از نانو لوله‌های کربنی، نانو ذرات سیلیکا و کامپوزیت‌های پلیمری حـاوی فلوئـور(فلوئورواکریلات)/نانو ذرات، قطـرات آب کـه بر سـطح منـسـوج می‌لغزند؛ آلاینده‌های سطحی منسوج را جدا می‌کنند. برای مثال می‌توان از ایجاد شـبکه‌ای از SiO_2 در هگزادسـیل تری‌اتوکسی سیلان بر الیاف ویسکوز به روش سُل-ژل اشاره کرد[۸]. نانوتاربلورها نیز می‌توانند با استفاده از عامل اتصال‌دهنده به سطح الیاف متصل شده و سبب تغییر خواص الیاف شوند (شکل ۱).

شکل ۱. نمونه‌ای از منسوج تکمیل شده با نانوتاربلورها[۹]

لباس ضد چروک

در منسـوجات به ویژه پارچه‌های پنبه‌ای، حضور گروه‌های هیدروکسـیل با قابلیـت ایجاد پیوند هیدروژنی سبب ایجاد چروک در پارچه می‌شود. در حضور آب پیوندهای هیدروژنی از محل قبلی خود باز شده و در محل جدید که معمولاً مطلوب نیسـت، تشـکیل می‌شوند که این امر سـبب ایجاد چروک در پارچه خواهد شـد. درگیر کردن گروه‌های هیدروکسـیل راه‌کاری برای ممانعت از ایجاد چروک در منسـوجات است. از ترکیبات نانو سـاختار در تکمیل ضد چروک منسـوجات، عمدتاً به منظـور تقویت خاصیت کاتالیزوری در ایجـاد اتصال عرضی بین سـلولز و عامل ایجاد پیوند عرضی اسـتفاده می‌شـود. با افـزودن نانو ذرات به عامـل ایجاد اتصال عرضی، نانو ذرات در مناطق آمورف الیاف نفـوذ می‌کنند و با ایجاد پیوند هیدروژنی با مولکول‌های لیف، جابجایی زنجیرهای مولکولی سـلولز را محدود می‌کنند و از طرفی واکنش کاتالیسـتی تشـکیل اتصال استر میان حلقه آنیدرید حلقوی و گروه هیدروکسیل سلولز را افزایش می‌دهد. برخی از این نانو مواد عبارت‌اند از: نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2)، نانو ذرات نقره (Ag)، نانو ذرات سیلیکا (SiO_2)، نانو ذرات اکسـید روی (ZnO)، نانو لوله‌های کربنی (CNT) و نانو ذرات کیتوسـان[۳][۱]. اسـتفاده از ترکیب نانو ذرات دی‌اکسـید تیتانیوم و دی‌متیل‌دی‌هیدروکسـی اتیل اوره (DMDHEU) سـبب ایجاد خاصیت ضد پرتو فرابنفش، بهبود استحکام پارگی، کاهش مقدار فرمالدئید آزاد ناشی از به‌کارگیری ماده ضد چروک و بهبود چروک‌پذیری پارچه می‌شـود. به روش سل-ژل و توسط پیش ماده تترابوتیل اورتوتیتانات (TBOT) و سـیتریک اسید همراه با اتانول می‌توان ضد چروک پارچه پنبه‌ای را بهبود داد. نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم همراه با سیتریک اسید به عنوان عامل ایجاد اتصال عرضی و سدیم هیپوفسفیت به عنوان کاتالیزور در تکمیل ضد چروک کالای سلولزی استفاده شده است (شکل ۲).

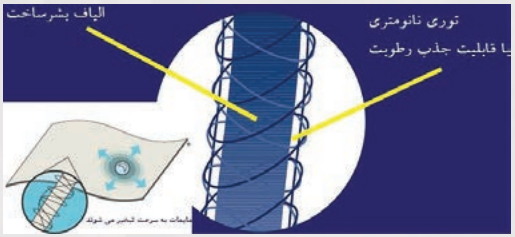


شکل ۲. طرح واره ای از مکانیزم عملکرد نانو ذرات در تکمیل ضد چروک

از نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم و سوکسینیک اسید به عنوان عامل پیوند عرضی در معرض پرتو فرابنفش نیز می‌توان استفاده کرد. گروه کربوکسیل در ساختار اسید در اثر نور احیا شده و به گروه آلدئید تبدیل می‌شود. گروه آلدئید ایجادشده با گروه هیدروکسیل سلولز پیوند عرضی داده و سبب کاهش چروک‌پذیری پنبه می‌شود. همچنین به کارگیری بوتان تتراکربوکسیلیک اسید به‌تنهایی و یا همراه با سیتریک اسید و سدیم هیپوفسفیت و استفاده هم زمان از نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم سبب بهبود میزان بازگشت از چروک پارچه پنبه‌ای می‌شود. بوتان تتراکربوکسیلیک اسید با داشتن یک گروه کربوکسیل بیشتر از سیتریک اسید، کارایی بیشتری در ایجاد خاصیت ضد چروک کالای سلولزی دارد.

لباس جاذب رطوبت

از نانو مواد می‌توان برای اصلاح سطح آب‌دوست منسوجات و پوشاک استفاده کرد که این امر سبب بهبود رنگ‌پذیری پارچه می‌شود. استفاده از نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم که با روش رسوب‌نشانی لایه لایه روی سطح منسوج قرار داده شده است، برای افزایش جذب آب منسوج پیشنهاد شده است. در این روش از نانو ذرات TiO_2 حاوی بار منفی و پلی‌دی‌متیل‌دی‌آلیل آمونیوم کلراید دارای بار مثبت برای لایه‌نشانی استفاده می‌شود[۱۰].

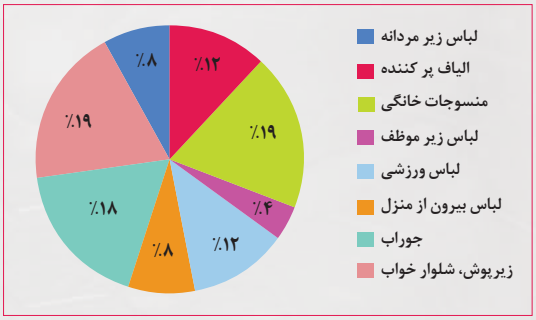


شکل ۳. نمایی از استفاده از نانو توری روی الیاف به منظور بهبود خواص الیاف بشر ساخته [۹]

قرارگیری الیاف در مرکز (هسته) توری‌های نانومتری با ساختار مولکولی سه بعدی، نیز امکان تغییر خواص الیاف بشر ساخت نظیر پلی‌استر را فراهم آورده و به این الیاف زیردستی، مشابه پنبه یا لینین می‌بخشد. خاصیت موئینگی ایجادشده، جذب و انتشار سریع رطوبت بدن را فراهم کرده و خشک شدن سریع منسوج سبب خنک شدن و راحتی فرد استفاده‌کننده از این لباس می‌شود (شکل۳)[۹].

لباس ضد میکروب

استفاده از منسوجاتی با خواص ضدمیکروبی در انواع لباس‌رو، لباس‌زیر، جوراب، روپوش و یونیفرم (جهت مصارف نظامی، مدارس، بیمارستان‌ها، خطوط هوایی، آزمایشگاه‌ها و صنایع دارویی) به کنترل رشد میکروب و بوی بد عرق کمک می‌کند. برای ایجاد خواص ضدمیکروبی در پارچه‌های تهیه‌شده از الیاف مصنوعی مانند نایلون و پلی‌پروپیلن به راحتی می‌توان از نانو ذراتی مانند اکسید روی، اکسید مس، دی‌اکسید تیتانیوم و نانو ذرات نقره و طلا استفاده کرد. مزیت استفاده از اکسید روی آن است که کاربرد آن در لباس‌های روزمره مورد تأیید قرار گرفته است. علاوه بر این، رنگ و شفافیت سطح پارچه به دلیل اندازه کوچک این ذرات تغییر چندانی نمی‌کند. منسوجات ضدمیکروب را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم‌بندی نمود[۳]:



شکل ۴. بازار منسوجات ضد باکتری [۲]

۱ منسوجات تکمیل‌شده با دی‌اکسید تیتانیوم (با خاصیت فعال شوندگی در برابر نور)

۲ منسوجات با مواد ضدمیکروب غیرقابل‌انتشار: مواد ضدمیکروب در ماتریس منسوج یا پوشش روی منسوج تعبیه می‌شوند. خاصیت ضد میکروبی ناشی از برهم‌کنش میان بار مثبت ماده ضدمیکروب و بار منفی غشاء سلولی میکروارگانیزم است که سبب انهدام و جلوگیری از رشد و تکثیر میکروب می‌شود.

۳ منسوجات با قابلیت رهایش مواد ضدمیکروب تعبیه‌شده در آن‌ها: در این حالت ماده ضدمیکروب نظیر تریکلوسان، نقره و مس منتشرشده و سبب جلوگیری از رشد میکروب می‌شوند.

بازار منسوجات ضد میکروبی یکی از بخش‌های در حال رشد صنعت پوشاک به‌حساب می‌آید. پژوهشی که توسط Shishoo Consulting AB انجام شد، بیانگر بیش‌ترین تقاضا برای پارچه‌های ضد میکروبی در بخش‌های لباس منزل، لباس‌زیر زنانه، ساق شلواری و جوراب است (شکل ۴).

پوشاک کنترل‌کننده بوی نامطبوع

این فناوری برای پاکیزه نگه‌داشتن و کنترل بوی نامطبوع منسوجات مورداستفاده در پوشاک بسیار موردتوجه قرار گرفته است و با کنترل معایب ناشی از تعرق و بوی نامطبوع بدن، نقش مهمی در سلامت و ایجاد احساس راحتی در انسان ایفا می‌کند. دو رویکرد مختلف به منظور کنترل بوی نامطبوع منسوجات ناشی از تعریق وجود دارد:

۱ **جذب:** روشی ساده به منظور به دام انداختن مولکول‌های ایجادکننده بو است و در این روش تغییری در ساختار ترکیبات ناشی از تعریق، انجام نمی‌شود.

۲ **جلوگیری:** در این روش از رشد و تکثیر باکتری‌هایی که مسبب تجزیه ترکیبات و ایجاد بوی

نامطبوع هستند، جلوگیری به عمل می‌آید. انجام تکمیل‌های ضد میکروبی روی منسوجات برای رسیدن به این هدف پیشنهاد می‌شود.

جلوگیری از ایجاد بوی نامطبوع در منسوجات با استفاده از نانو مواد ضدمیکروب نظیر نانو ذرات فلزی امکان‌پذیر است. نانو مواد جاذب بوی نامطبوع در منسوجات را می‌توان در گروه‌های سیکلودکسترین‌ها، نانو ذرات کربن فعال، نانو ذرات خاکستر بامبو و پلیمرهای قاصدکی تقسیم‌بندی کرد.

لباس‌های مطابق مد با ظاهر و بویی جذاب

فناوری نانو در لباس‌های مد روز نیز مورد استفاده قرار گرفته است. صنعت مد و طراحی پوشاک برای استفاده از نوآوری‌های مبتنی بر فناوری نانو بسیار مناسب است. پایداری تغییرات ایجادشده توسط این فناوری موجب شده است، طراحی‌های مبتکرانه روی لباس‌های مد با پیشرفت مواجه شوند. با استفاده از روکش‌دهی نانو فلزات روی پارچه، درخشندگی و رنگ بی‌نظیری می‌توان ایجاد کرد. فیلم اکسیدی با فیلم فلزی ترکیب‌شده و با تداخل‌های ایجادشده، رنگ‌های بسیار متنوعی ایجاد می‌شوند. زیبایی ایجادشده با استفاده از این روش بسیار بیشتر از زیبایی به‌دست‌آمده با استفاده از روش‌های مرسوم رنگرزی است.

همچنین برخی از تولیدکنندگان محصولات معتبر دارای برند یا مارک خاص، به منظور جلوگیری از تقلب و کپی‌برداری از برند خود در بازار، با استفاده از فناوری نانو توانسته‌اند، لباس‌های معطری تولید کنند که بوی آن‌ها جزء برند تولیدکننده محسوب می‌شود و منحصربه‌فرد است. ایجاد یک بوی خوش دائمی در پوشاک که با شستشو از بین نمی‌رود و به‌طور مثال تحت مالش این بو آزاد می‌شود، از مزایای این محصولات است. شرکت عطرسازی Quest International درهلند از نانو ذرات آلی برای این مقصود استفاده می‌کند. شرکت آمریکایی IFF International Flavours and Fragrances نیز از فناوری کپسوله کردن و رهایش برای تولید لباس‌های معطر مارک‌دار استفاده می‌کند. این شرکت لباس‌هایی با نام sensory perception را به بازار عرضه کرده است [۱]. معطرسازی پارچه با توجه به نوع مواد استفاده‌شده در فرآیند به سه روش انجام می‌شود [۹]:

- در روش نخست از نانوحامل‌ها برای معطرسازی استفاده می‌شود که یکی از متداول‌ترین روش‌ها در معطرسازی لباس‌های رو و زیر است.
- در روش دوم، از رزین و چسب استفاده می‌شود، به عبارتی، مواد معطر داخل چسب و رزین مخلوط شده و روی سطح پارچه چاپ می‌شود، اما این روش خیلی معمول و متداول نیست.
- روش سوم در مقایسه با دیگر روش‌ها جدیدتر است و در آن از ترکیبات درخت‌سان استفاده می‌شود.

نانوحامل‌ها دارای ساختارهای متفاوتی بوده و قادر به محافظت از ترکیبات معطر در برابر اکسایش یا تبخیر هستند، از آن جمله می‌توان به نانوحامل‌های لیپیدی، نانوامولسیون‌ها، نانو ذرات پلیمری زیست‌سازگار و غیره اشاره کرد.

تولید لباس‌های خودرنگ و با رنگ‌پذیری بهتر

با استفاده از فناوری نانو می‌توان بدون استفاده از رنگدانه، از رنگ‌هایی استفاده کرد که به صورت یک نانو روکش روی پارچه اعمال می‌شود. این رنگ با استفاده از تداخل نور ایجادشده و برای ایجاد آن از روش‌های رایج رنگرزی

استفاده نمی‌شود. در حال حاضر چهار رنگ قرمز، سبز، آبی و بنفش با این فناوری ارائه‌شده‌اند. در این محصولات با شکست نور، نوعی رنگ زیبا ایجاد می‌شود که با توجه به زاویه نگاه شخص و نیز زاویه تابش نور به پارچه تغییر می‌کند. دانشگاه پلی تکنیک هنگ کنگ از یک روش نانوفناورانه برای بهبود رنگ‌پذیری ابریشم استفاده می‌کند. شرکت ژاپنی Teijin نیز محصول Morphotex را با خاصیت خودرنگی به بازار عرضه کرده است. این الیاف بر اساس رنگ طبیعی «پروانه مورفو» که در آمریکای جنوبی یافت می‌شود (شکل ۵)، قادر به ارائه نمودهای مختلفی از نور است که به زاویه یا شدت نور رسیده بستگی دارد. Morphotex شامل ۶۱ لایه نایلون و پلی استر براق است که در قسمتی به ضخامت ۷۰ نانومتر قرار دارد. رنگ حاصل به خاطر تداخل نور ساخته می‌شود و نه حضور رنگدانه‌های معمولی[۱].

شکل ۵. بال‌های رنگین کمانی پروانه آبی رنگ مورفو[۱]

پوشاک ضدالکتریسیته ساکن

پدیده شارژ شدن بدن اشخاص از مدت‌ها قبل شناخته شده است و بیشتر در مواردی اتفاق می‌افتد که شخص دارای کفش‌های با کف عایق (مانند لاستیک) باشد. در اثر حرکت روی زمین یا ساییده شدن البسه بر روی یکدیگر و یا اصطکاک لباس یا زیرپوش با بدن شخص و همچنین در اثر پدیده القاء، بدن شخص دارای بار الکتریسیته ساکن می‌شود. پدیده اخیر در مورد کارگرانی که در مجاورت ماشین‌ها کار می‌کنند نیز رخ می‌دهد. بدین ترتیب که دستگاه‌ها در موقع کار اغلب باردار شده و بدن افرادی که در مجاورت ماشین‌ها کار می‌کنند را با بار مخالف شارژ می‌کنند. در پاره‌ای اوقات ممکن است تجمع بار به حدی رسد که در اثر تماس شخص با بدنه‌های فلزی تخلیه بار صورت گیرد. این عمل که با یک جرقه نیز همراه است، می‌تواند باعث ایجاد یک تکان محسوس و ناخوشایند در فرد شود. چنانچه تخلیه بار الکتریکی تجمع یافته بر روی اشخاص در محیطی انجام گیرد که دارای گازهای قابل اشتعال باشد، می‌تواند بسیار خطرناک بوده و به آتش‌سوزی و انفجار منجر شود. لذا استفاده از پوشاک ضد الکتریسیته ساکن از اهمیت بالایی خصوصاً برای کارکنان مشاغل خطرناک برخوردار است. لفافهای نانومتری با در برگرفتن الیاف به صورت کامل، سبب تغییر و بهبود خواص الیاف میشوند. این نوع تکمیل سبب افزایش استحکام، بهبود ثبات رنگ، جلوگیری از چروک‌پذیری و مقاومت در برابر الکتریسیته ساکن میشود. در شکل ۶ طرح وارهای از یک لیف درون لفاف نانومتری و یک شلوار تهیه‌شده از پارچه معمولی و پارچه تکمیل‌شده با الیاف یادشده پس از ۵۰ بار شستشو نشان داده شده است[۳].

شکل ۶. نمایی از الیاف و منسوجات دارای لفاف نانومتری[۹]

لباس‌های محافظ در برابر نور خورشید

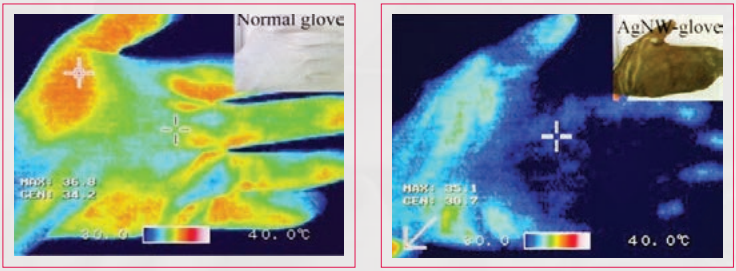
محافظت در برابر پرتو فرابنفش به دلیل افزایش تهدید ناشی از سرطان، پیر شدن زودهنگام پوست و تخریب لایه ازن از اهمیت روزافزونی برخوردار است. روش‌های معمول حفاظت در برابر پرتو فرابنفش شامل استفاده از الیاف سنگین و ضخیم است که مشکلاتی از قبیل کاهش تنفس‌پذیری پوست را به همراه دارند. فناوری نانو امکان تولید لباس‌های مناسب و محافظ در برابر پرتو فرابنفش را فراهم آورده است. به این منظور از روکش‌های نانو کامپوزیتی حاوی نانو بلورهای اکسید روی در یک بستر پلیمری استفاده می‌شود که، علاوه بر شفافیت، در برابر سایش مقاوم بوده و از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه است. در مقایسه با پارچه اصلاح‌نشده، میزان محافظت این پارچه در برابر پرتو فرابنفش ۵ برابر بیشتر بوده و پس از ۵۵ بار شستشو، کیفیت جذب پرتو در این پارچه ماندگار است.

لباس گرم‌کننده و خنک‌کننده

لباس‌های هوشمندی که خصوصیاتشان بر اساس محیط پیرامون قابل‌تغییر باشد، از جمله کاربردهای جذاب فناوری نانو در بخش پوشاک به شمار می‌رود. به این منظور می‌توان از مواد حافظه‌دار و تغییر فاز دهنده استفاده کرد. مواد تغییر فاز دهنده درون پوشاک با افزایش دمای محیط یا افزایش دمای بدن، گرمای ایجادشده را جذب کرده و از حالت جامد به حالت مایع تغییر فاز می‌دهد که این امر سبب خنک شوندگی فرد پوشنده پوشاک می‌شود. از طرفی، با کاهش دمای محیط، گرمای جذب‌شده را به مرور آزاد می‌کند و سبب گرم شدن فرد می‌شود.

برای جلوگیری از پخش شدن مواد تغییر فاز دهنده، این مواد در داخل کپسول قرار می‌گیرند. در حال حاضر در تولید نانوکپسول‌های تغییر فاز دهنده، از پارافین، روغن‌های آلیفاتیک، روغن‌های آلی و معدنی به عنوان ماده تغییر فاز دهنده در درون و از ملامین به عنوان پوسته و از موادی مانند نقره در لایه بیرونی استفاده می‌کنند [۵]. به‌کارگیری نانو ذرات نقره در پوسته در کاهش اثر فوق سردشوندگی[۴] کپسول تاثیرگذار است.

محققان دانشگاه استنفورد با استفاده از یک توری نانوی فلزی یکپارچه در سراسر لباس موفق به تابش مجدد گرما به روی پوست بدن شده‌اند. ابعاد نانومتری سیم فلزی سبب حفظ انعطاف و نرمی لباس می‌شود [۱۲]. در شکل ۷ میزان اتلاف گرمای طبیعی دست در یک دستکش معمولی و یک دستکش نانو سیم مقایسه شده است.



شکل ۷. در تصویر سمت راست یک دستکش معمولی اجازه می‌دهد حرارت دست به بیرون منتقل شود ولی در عکس سمت چپ، دستکش نانو سیم از فرار گرمای طبیعی دست جلوگیری می‌کند[۱۲].

شرکت‌های فعال در زمینه به‌کارگیری فناوری نانو در پوشاک

در زمینه به‌کارگیری فناوری نانو در پوشاک از نظر تعداد مؤسسات تحقیقاتی و شرکت‌های فعال، کشورهای آمریکا، چین، ژاپن و سوئیس به ترتیب رتبه‌های اول تا چهارم جهان را به خود اختصاص داده‌اند. مؤسسات و شرکت‌های فعال در این زمینه در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. برخی از مؤسسات تحقیقاتی و شرکت‌های فعال در پوشاک با فناوری نانو [۲]

کشور	مؤسسه تحقیقاتی یا شرکت	کشور	مؤسسه تحقیقاتی یا شرکت
آمریکا	Nanophase Technology Crop	چین	Lea Group
	W.L. Gore & Associates		Hong Kong Polytechnic University
	Nano-Tex		Nano-Group Holdings, Ltd.
	ARC Outdoors		Nano Textile (China) Ltd (U-Right)
	Greenyarn		Haojey Co
	LLC		Beijing ChamGo Nano-Tech Co
ژاپن	Suzutora Co	سوئیس	Ciba Specialty Chemicals (CSC)
	Kanebo Spinning Corp		Schoeller
	Exlan Co., Ltd		Empa
	Teijin Group and Toray Industries, Inc		Nanosphere
کره جنوبی	Hyosung	انگلیس	JR Nanotech

محصولات و بازارها

Nano-Care® و Nano-Care2

پارچه‌هـــای بـا نام تجاری Nano-Tex بدون تأثیر نامطلوب بر تـنفس‌پـــذیری یـا احـساس طبیعـی پارچـه، از ویژگی دفع لکه برخوردار هســتند. شرکت Nano-Tex امتیاز اســتفاده از پارچه‌های با نام تجاری Nano-Care را بـــه شـرکت‌هـای دیگـر تولیدکننـده پوشـاک نیـز واگـذار کـرده اسـت؛ قطـرات ریخته شده روی این پارچه‌ها به راحتی لیز خورده و از پارچه جدا می‌شـوند؛ بدین ترتیب حفاظـت اولیه در برابر لکه‌ها و آلودگی‌ها ایجاد می‌شـود. یکـی از کاربردهـای Nano-Care در شـلوارهای مردانه خاکی‌رنگ ضد لک است (شکل ۸). تولیدکنندگان اصلی پوشاک که از Nano-Care استفاده می‌کنند، عبارت‌اند از: VF Corp's Lee، Eddie Bauer، Gap و Land's End [۲].

شکل ۸. شـــلوار مردانـــه خـــاکی ضد لک با فناوری Nano-Care[۱۳]

شـــرکت Nano-Tex نـسل دوم فنـــاوری دافع لـکه خـود را نیـــز بـا نـــام Nano-Care2 عرضه کرده است. ادعـا شـده اسـت کـه ایـــن فنـاوری پیـشرفته دافع لـکه مـی‌توانـــد در لبـاس‌هـــای کودکـان یا لباس‌های کـار کـه در آن‌ها احتمـــال ایجاد لـکه‌هـای قـوی وجـود دارد، مورداستفاده قـرار گیـرد[۱۳].

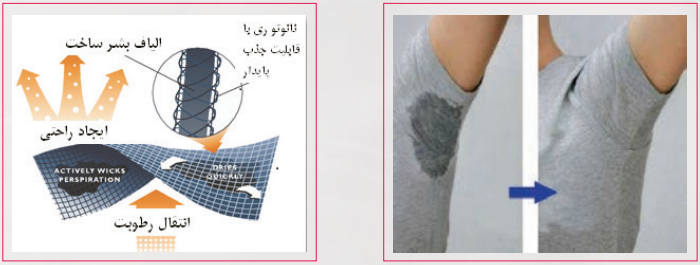
Nano- Pel®

اسـتفاده از فنـاوری Nano-Pel بـر منسـوجات امـکان دفع لکـه را فراهم کـرده اسـت. ایـن نـوع تکمیـل بـر خـلاف تکمیل‌هـای معمـول در برابر شستشوهای خانگی پایدار است. شرکت Dominican Knits از فناوری Nano-Pel برای اولین بار در منسوجات گردباف استفاده کرد، تا قابلیت کاربرد این فناوری را بـرای به‌کارگیـری در پارچه‌هـــای مختلـف نـشان دهـد (شکل ۹)[۱۳].

شکل ۹. استفاده از فناوری Nano- Pel روی پارچه‌ها[۱۴]

Nano- Dry®

Nano-Dryیک پارچـه تنفس پذیر است کـه رطوبـت را جـذب کـرده و بـه سـرعت خـشک می‌شـود. ایـن لبـاس در برابـر تعـرق مقـاوم بـوده و فـرد را خنـک و خـشک نگـه مـی‌دارد (شکل ۱۰). شـرکت‌هـای Dockers، Hagger و Croft & Barrow محـصولاتی از ایـن نـوع شـلوارهای بـادوام کـه بـا اسـتفاده از فنـاوری پارچه Nano-Dry تولیدشده‌اند را به بازار عرضه می‌نمایند[۲].



شکل ۱۰. لباس خنک‌کننده و خشک‌کننده (ضد عرق) با استفاده از فناوری Nano-Dry[۱۳]

Nano- Touch®

Nano–Touch فنـــاوری جدیـدی اسـت کـه باعـث مـی‌شـود، الیـــاف مصنوعی احـساسی همچـون الیـاف پنبـه‌ای ایجـاد نماینـد. بـا اسـتفاده از ایـن فنـاوری جدیـد یـک لایـه نـازک، روی هسـته الیـاف مصنوعی ایجاد می‌شود کـه نرمـی و راحتـی الیـاف پنبـه ای را بـه پارچـه مـی‌دهـد درحالی که دوام، اسـتحکام، پایـداری رنگ، و ویژگـی ضد چروک الیاف مصنوعی را حفظ می کند[۲].

Nano- Fresh®

عملیـاتی اسـت کـه روی الیـاف اعمال‌شده، آن را خـودتمیز کننـده و خودتـازه کننـــده مـی‌سـازد. ایـن پارچه‌ها بوهای نامطبوع را در لباس‌های ورزشی جذب و دور می کنند[۲].

UPF Protection

شـرکت پوشـاک آمریکـایی Eddie Bauer اولـین تولیدکننـــده‌ای بـود کـه از فنـاوری Nano-Tex در شـلوارهای مردانـه اسـتفاده کـرد. فنـــاوری حفاظـت در برابـر پرتو خورشـید کـه شـرکت Eddie Bauer استفاده مـی کنـد، بـر خـلاف روش‌هـای دیگـر محـافظتی باعـث ضخیم شدن لبـاس نـشده، درعین‌حال از فـرد بـــه خـوبی محافظـت مـی‌کنـد. ایـن فنـاوری در لبـاس‌هـــای مختلفـی از جملـه شـلوارک شـنای مـردان، Trail Pants بـرای زنـان و پیراهن‌های Waterو Day Hike مردان مورداستفاده قرار گرفته است[۲].

Selfclear

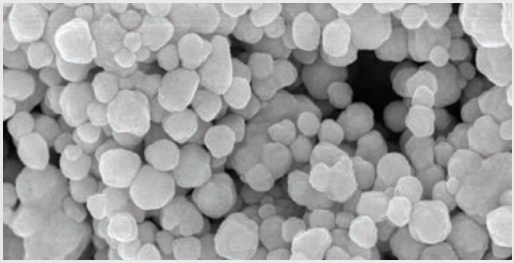
شـرکت ژاپنی Exlan Co., Ltd الیاف آکریلیکی فتوکاتالیستی با نام SelfClear را توسعه داده است؛ این الیاف ویژگی خودتمیزشوندگی بالایی دارند که در الیاف فتوکاتالیستی معمول دیده نمی‌شود. از این الیاف در تولید لباس‌های ورزشی و یونیفرم‌های نظامی استفاده می‌شود.

نخ‌هـای SelfClear سـاختار چند لایه‌ای بـا حفراتی به قطر چند ده نانومتر در سـطح دارند و این نانو حفرات مساحت سطحی بالایی ایجاد می کنند. چون از اکسید تیتـانیوم فتوکاتالیستی نانو مقیاس در الیاف SelfClear

استفاده می‌شود که یک دهم اکسید تیتانیوم معمول قطر دارند، در نتیجه مساحت سطحی آن نسبت به انواع معمول ده برابر بیشتر است. شرکت Exlan علاوه بر عملکرد خودتمیزشوندگی سعی دارد با بهبود روش‌های فراوری، ویژگی‌های ضدبو، ضدمیکروب و ضد کثیفی این الیاف را بهتر سازد[۲].

Ultra-Fresh Silpure

Ultra–Fresh Silpure که توسط شرکت Thomson Research Association Inc تولید می‌شود، تولیدکنندگان پوشاک را قادر می‌سازد تا با استفاده از نانو ذرات نقره، مقاومت بسیار بالایی در برابر بو و پوسیدگی به محصولات خود ببخشند[۲].



محصولات ۳۰۱۲-NanoShield™ ZN و ۳۰۱۰-NanoShield™ ZN

محصولات ۳۰۱۲-NanoShield™ ZN و ۳۰۱۰-NanoShield™ ZN اکسید روی دیسپرس در آب هستند که برای کاربرد در پوشش‌های مورد استفاده در پارچه‌های بافته‌شده یا بی بافت طراحی‌شده‌اند. معمولاً اکسید روی برای جذب UVA و UVB و نیز اثرات ضد قرمز شدن و ضد سوختگی پوست، فعالیت ضدمیکروبی و کنترل بو به کار می‌رود[۱].

جمع بندی

امروزه تقاضا در تولید پوشاک با ویژگی‌های جدید و کارایی بالا در صنعت نساجی افزایش یافته است. پوشاکی که ضدمیکروب باشد و اصلاً بو نگیرد، ضد آب و لک باشد و هرگز کثیف و آلوده نشود، همواره بوی خوش ایجاد کند و در اثر تغییرات دمای محیط بدن را خنک یا گرم کند، همواره از آرزوهای مصرف‌کنندگان پوشاک بوده است. با استفاده از فناوری نانو می‌توان ویژگی‌های اصلی منسوج و پوشاک از قبیل نرمی، ماندگاری خواص، استحکام، قابلیت جذب رطوبت و غیره را بهبود بخشید و خواص کاربردی جدیدی نظیر ضد میکروبی، ضد آب و لکه، خودتمیزشوندگی، محافظت در برابر پرتو و غیره در منسوجات ایجاد کرد. پیش‌بینی می‌شود به مدد فناوری نانو صنعت پوشاک به یک صنعت پردرآمد و پیشرو، با بهره‌وری اقتصادی مناسب و عدم تأثیر نامطلوب بر محیط‌زیست تبدیل شود.

مراجع

۱ کوچکی،ا.، عباسی،ع.، افشاری،ح.، شکی،ح.، هراتی فر،ع.، میردامادیان، «فناوری نانو در صنعت نساجی و کاربردهای آن»، دبیرخانه ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، ۱۳۹۱.

۲ عباسی،ع.«کاربردهای فناوری نانو در صنعت نساجی»، مجموعه گزارش‌های رصد فناوری نانو، ۱۳۹۱

۳ Ashish Kumar, Nano Finishes in Textiles, Novozymes South Asia Pvt Ltd City.

۴ http://edu.nano.ir/index.php?actn=papers_view&id=384&action2=print"

۵ سلیمی،طاهری،احمدوند، (آشنایی با فناوری نانو (مقیاس نانو، ابزارها، نانو مواد، رویکردهای ساخت)

۶ Daoud, W.A. and J.H. Xin, Low temperature sol-gel processed photocatalytic titania coating. Journal of Sol-Gel Science and Technology, 29(1), p. 25-29, 2004.

۷ Liu, Y.Y., et al., Artificial lotus leaf structures from assembling carbonnanotubes and their applications in hydrophobic textiles. Journal of Materials Chemistry, 17(11), p. 1071-1078, 2007.

۸ Mahltig, B., H. Haufe, and H. Bottcher, Functionalisation of textiles by inorganic sol-gel coatings. Journal of Materials Chemistry, 15(41), p. 4385-4398, 2005.

۹ http://edu.nano.ir/index.php?actn=papers_view&id=369&action2=print. City.

۱۰ Krogman, K.C., et al., Automated process for improved uniformity and versatility of layer-by-layer deposition. Langmuir, 23(6), p. 3137-3141, 2007.

۱۱ سلیمی، طاهری، احمدوند، «آشنایی با فناوری نانو (کاربردها)».

۱۲ http://1pezeshk.com/archives/2015/01/thisclothing-acts-like-a-personal-heater-when-temperatures-drop.html.

۱۳ http://www.textileworld.com/Issues/2003/March/Features/Burlingtons_Future-Virtually_Here

۱۴ http://edu.nano.ir/index.php?actn=papers_view&id=386&action2=print.

پی‌نوشت‌ها

۱ Handle

۲ Conventional Finishing

۳ Chitosan

۴ Supercooling

مجموعه نرم‌افزارهای «نانو و صنعت»

مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با هدف معرفی کاربردهای فناوری نانو در بخش‌ها و صنایع مختلف طراحی و منتشر شـده است. در این نرم‌افزار 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 شـش عنوان از مجموعـه نرم‌افزارهای نانـو و صنعت با موضوع کاربردهای فناوری نانو در صنایع «نفت»، «خودرو»، «نساجی»، «ساخت‌وساز»، «بهداشت و سلامت» و «کشاورزی»، ارائه شده است.

مرکز پخش: ۶۶۸۷۱۲۵۹ - www.nanosun.ir

از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو منتشر شده است

- استفاده از غشاء نانولوله کربنی جهت نمک‌زدایی و تصفیه آب
- کاربرد فناوری نانو در کاشی و سرامیک
- غنی‌سازی محصولات کشاورزی با نانو کودهای کلاته آهن و روی
- کاربرد فناوری نانو در فرآیندهای ازدیاد برداشت نفت خام
- خشک کردن انجمادی پاششی
- کیتوسان پلیمری زیست‌تخریب‌پذیر در سامانه‌های دارورسانی
- کاربرد فناوری نانو در آنالیزگرهای جدید صنایع بالادستی نفت
- کاربردهای فناوری نانو در بخش انتقال شبکه برق‌رسانی
- فناوری نانو و توسعه آن در کشاورزی
- نقش فناوری نانو در ارتقای کیفی سیمان و مصالح پایه سیمانی
- روش تغییر شکل پلاستیک شدید (SPD) در تولید فلزات نانوساختار
- آلیاژسازی و فعال‌سازی مکانیکی، فناوری تهیه نانومواد
- منسوجات ضد میکروب
- کاربرد فناوری نانو در سازه‌های بتنی هوشمند با قابلیت خودترمیم شوندگی
- لوله‌های حرارتی و کاربردهای آن در انتقال انرژی حرارتی
- کاربرد فناوری نانو در بهبود عملکرد سلول‌های خورشیدی
- نانوحسگرها 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
- استفاده از نانوذرات پلیمری بر پایه PLGA برای دارورسانی هدفمند
- میکرو/نانو حباب در صنعت آب و فاضلاب
- کاربرد فناوری نانو جهت گندزدایی از آب به‌روش ازوناسیون
- کاربرد فناوری نانو در گچ ساختمانی
- تصفیه آب با استفاده از غشاهای نانوالیاف
- کاربرد فناوری نانو در صنعت آب
- کاربردهای فناوری نانو درمنسوجات خانگی
- فناوری نانو در تصفیه پساب صنعت نساجی
- نانوحسگرهای پایش کیفیت آب
- نانوحسگرهای مورد استفاده در صنایع غذایی و آشامیدنی
- فولادهای نانوساختار
- فناوری نانو و محیط‌های کنترل شده کشت (CEA)
- نانوحسگرهای تشخیص سموم کشاورزی
- کاربرد فناوری نانو درشیشه‌های هوشمند (۱)
- نانوآفت‌کش و اثر آن در کنترل آفات
- کاربرد فناوری نانو درصنعت مقره
- کاربردهای فناوری نانو درصنایع غذایی
- کاربردهای فناوری نانو درروغن‌های روان‌کننده
- نانو افزودنی‌های سوخت
- کاربردهای نانوالیاف در کشاورزی
- کاربرد فناوری نانو در سیمان و سیال حفاری
- کاربرد نانوساختارها در فناوری‌های جداسازی غشایی
- نانوفیلترهای لیفی
- فناوری‌های نوین در مدیریت و افزایش بهره‌وری آب در نیروگاه‌های گرمایی
- فولاد نانوساختار Sandvik Nano flex