

نانو تکنولوژی

کاربرد فناوری نانو در پوشاک

مقدمه

فناوری نانو به منظور افزایش کارایی و ایجاد خواص نوین در محصولات به یاری علوم مختلف آمده است. تولیدکنندگان پوشاک همواره در پی راه کارهایی برای پیشی گرفتن از رقبایشان بوده‌اند و فناوری نانو این راه را در اختیار ایشان قرار می‌دهد. با استفاده از فناوری نانو می‌توان ویژگی‌های اصلی منسوجات از قبیل نرمی، ماندگاری خواص، استحکام، قابلیت جذب رطوبت و غیره را بهبود بخشید و خواص کاربردی جدیدی نظیر ضد میکروبی، کندسوزی، 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. با توجه به این که بازار پوشاک بیش از ۶۱٪ از کل بازار منسوجات را در جهان به خود اختصاص می‌دهد، پیش‌بینی می‌شود در حالی که در سال ۲۰۱۲، تقاضای تخمینی از پوشاک نانوفناورانه در بازار پوشاک جهانی به ۲۴/۵۳ میلیارد دلار رسید، این میزان در سال ۲۰۲۰ به بیش از یک‌صد میلیارد دلار برسد. در سال‌های اخیر با ظهور کاربردهای جدید منسوجات نانو، روند رشد از سرعت بیشتری برخوردار بوده است [۱].

موارد کاربرد فناوری نانو در پوشاک

به‌طور کلی، فرصت‌های اصلی ایجاد ارزش توسط فناوری نانو در صنعت پوشاک را می‌توان به هفت بخش تقسیم‌بندی نمود [۲].

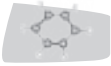
۱. ارتقا سطح بهداشت: پوشاک ضد میکروب (ضد باکتری، قارچ و ...)/ ضد بو
۲. سهولت استفاده: پوشاک دافع آب/ روغن/ لکه، ضد الکتریسیته ساکن، ضد چروک، ضد رنگ‌پریدگی.
۳. محافظت در برابر پرتو/ نور خورشید/ پرتو فرابنفش

۴. بهبود میزان راحتی: کنترل تعرق، مدیریت رطوبت در پوشاک
۵. ظاهر خلاقانه و تأثیر گذار برای 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 هستند. با استفاده از روش‌های پوشش‌دهی در مقیاس نانو، می‌توان عملکرد پوشاک روزانه را ارتقا داد. پارچه‌های معمولی همانند پنبه و الیاف مصنوعی اگر با فناوری نانو بهبود یابند، به پارچه‌هایی تبدیل می‌شوند که بدون از دست دادن ویژگی‌های فیزیکی (رنگ، انعطاف‌پذیری، تنفس‌پذیری و وزن)، ویژگی‌های جدیدی نظیر ضد آب، ضد لکه، ضد باکتری، ضد چروک و ضد الکتریسیته ساکن را به دست می‌آورند. با استفاده از فناوری نانو ایجاد خصوصیات عملکردی پیشرفته بدون تأثیر نامطلوب بر ظاهر، زبردست و راحتی پارچه امکان‌پذیر خواهد بود. تکمیل‌های مرسوم که برای ایجاد این خصوصیات عملکردی در منسوجات به کار می‌روند، به راحتی با شستشو یا پوشیدن 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.



شکل ۱: نمونه‌ای از منسوج تکمیل شده با نانوتار بلورها [۹]

راه کاری برای ممانعت از ایجاد چروک در منسوجات می باشد. از ترکیبات نانو ساختار در تکمیل ضد چروک منسوجات عمدتاً به منظور تقویت خاصیت کاتالیزوری در ایجاد اتصال عرضی بین سلولز و عامل ایجاد پیوند عرضی استفاده می شود. با افزودن نانو ذرات به عامل ایجاد اتصال عرضی، نانو ذرات در مناطق آمورف الیاف نفوذ می کنند و با ایجاد پیوند هیدروژنی با مولکول های لیف جایجایی زنجیرهای مولکولی سلولز را محدود می کنند و از طرفی واکنش کاتالیستی تشکیل اتصال استر میان حلقه آنیدرید حلقوی و گروه هیدروکسیل سلولز را افزایش می دهد. برخی از این نانو مواد عبارتند از: نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم (TiO_2)، نانو ذرات نقره (Ag)، نانو ذرات سیلیکا (SiO_2)، نانو ذرات روی (ZnO)، نانو لوله های کربن (CNT) و نانو ذرات کیتوسان [۱].

لباس خود تمیز شونده

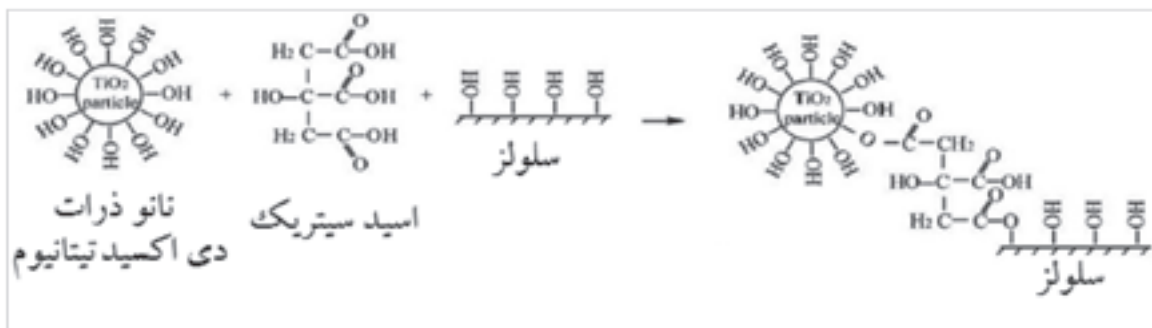
اصول کار این لباس ها از برگ گیاه نیلوفر آبی الهام گرفته شده است که همواره تمیز هستند. این فرایند برای پوشاک کودکان، لباس ورزشی، یا یونیفورم ها، ایده آل است. دو روش برای ایجاد خاصیت خود تمیز شونده در منسوجات مورد استفاده قرار می گیرد. در روش اول نانو ذرات با قابلیت فوتوکاتالیستی (TiO_2) که بر سطح منسوج قرار داده می شوند، از توانایی تجزیه لکه های آلی برخوردار هستند. در روش دوم با آبر آب گریز کردن سطح منسوجات با استفاده از نانو لوله های کربنی، نانو ذرات سیلیکا و کامپوزیت های پلیمری حاوی فلئور (فلئورواکریلات) / نانو ذرات، قطرات آب که بر سطح منسوج می لغزند؛ آلاینده های سطحی منسوج را جدا می کنند. برای مثال می توان از ایجاد شبکه ای از SiO_2 در هگزا دسیل تری اتوکسی سیلان بر الیاف ویسکوز به روش سل-ژل اشاره کرد [۸]. نانوتار بلورها نیز می توانند با استفاده از عامل اتصال دهنده به سطح الیاف متصل شده و سبب تغییر خواص الیاف شوند (شکل ۱).

لباس ضد چروک

در منسوجات به ویژه پارچه های پنبه ای، حضور گروه های هیدروکسیل با قابلیت ایجاد پیوند هیدروژنی سبب ایجاد چروک در پارچه می شود. در حضور آب پیوندهای هیدروژنی از محل قبلی خود باز شده و در محل جدید که معمولاً مطلوب نیست، تشکیل می شوند که این امر سبب ایجاد چروک در پارچه خواهد شد. در گیر کردن گروه های هیدروکسیل

جدول ۱: به کار گیرنده کارگیری فناوری نانو در بخش پوشاک [۲]

کاربرد	فناوری	قابلیت مضاعف	شرکت های فعال
پوشش های خود تمیز شونده	۱- نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم ۲- نانو لوله های کربنی ۳- نانو الیاف ۴- نانو ذرات سیلیکا	ضد آب، لکه، روغن، بو و میکروب	Schoeller Nano Sphere Nano-Tex Exlan
پوشش های ضد میکروب	نانو الیاف نقره	ضد میکروب، ضد بو	JR Nanotech SoleFresh
پوشش های ضد بار الکتریکی ساکن	۱- نانو پرکننده ها ۲- نانو ذرات اکسید فلزی ۳- امولسیون سازی در ابعاد نانو	مقاومت در برابر بار الکتریکی ساکن	Nano-tex GoreTex
پوشش های مانع اشعه ماوراء بنفش (UV)	۱- نانو بلور اکسید روی ۲- نانو ذرات خاک رس	شفافیت همراه با محافظت در برابر اشعه UV؛ مقاومت در برابر سایش، سستی و استحکام	Eddie Bauer
لباس های خنک کننده و خشک کننده	امولسیون سازی در ابعاد نانو	آب دوستی، عایق گرما و عبور دهنده جریان هوا	Nano-Tex
لباس های دارای ظاهر فلزی و درخشنده	پوشش نانو فلزی	اثر سطح ویژه	Suzutora



شکل ۲. طرح‌واره‌ای از مکانیزم عملکرد نانوذرات در تکمیل ضد چروک

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 (شکل ۳) [۹].

لباس ضد میکروب

استفاده از منسوجاتی با خواص ضد میکروبی در انواع لباس رو، لباس زیر، جوراب و 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 ضد میکروبی در پارچه‌های تهیه‌شده از الیاف مصنوعی مانند نایلون و پلی پروپیلن به راحتی می‌توان از نانو ذراتی مانند اکسید روی، اکسید مس، دی اکسید 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 ضد میکروب را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم‌بندی نمود [۳]:

(۱) منسوجات تکمیل‌شده با دی اکسید تیتانیوم (با خاصیت فعال شونده در برابر نور)

(۲) منسوجات با مواد ضد میکروب غیر قابل انتشار: مواد ضد میکروب در ماتریس منسوج یا پوشش روی منسوج تعبیه می‌شوند. خاصیت ضد میکروبی ناشی از برهم کنش میان بار مثبت ماده ضد میکروب و بار

استفاده از ترکیب نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم و دی متیل دی هیدروکسی اتیل اوره (DMDHEU) سبب ایجاد خاصیت ضد پرتو فرابنفش، بهبود استحکام پارگی، کاهش مقدار فرمالدئید آزاد ناشی از به کارگیری ماده ضد چروک و بهبود چروک‌پذیری پارچه می‌شود. به روش سل-ژل و توسط پیش ماده تترابوتیل اورتوتیتانات (TBOT) و سیتریک 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 هیپوفسفات به عنوان کاتالیزور در تکمیل ضد چروک کالای سلولزی استفاده شده است (شکل ۲).

از نانوذرات 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 احیاشده 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 به تنهایی و یا همراه با سیتریک اسید و سدیم هیپوفسفات 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.

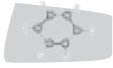
لباس جاذب رطوبت

از نانو مواد می‌توان برای اصلاح سطح آب دوست منسوجات و پوشاک استفاده کرد که این امر سبب بهبود رنگ‌پذیری پارچه می‌شود. استفاده از نانو ذرات دی اکسید 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 پلی دی متیل دی آلایل آمونیوم کلراید دارای بار مثبت برای لایه‌نشانی استفاده می‌شود [۱۰].

قرارگیری الیاف در مرکز (هسته) توری‌های نانومتری با ساختار مولکولی سه بعدی نیز امکان تغییر خواص الیاف بشر ساخته نظیر پلی استر را فراهم آورده و به این الیاف زیردستی، مشابه پنبه یا لینین می‌بخشد.



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



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 ابتکاری 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 منحصر به فرد 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 در هلند 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 استفاده شده 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

منفی غشاء سلولی میکروارگانیسم است که سبب انهدام و جلوگیری از رشد و تکثیر میکروب می‌شود.

(۳) منسوجات با قابلیت رهایش مواد ضد میکروب تعبیه‌شده در آن‌ها: در این حالت ماده ضد میکروب نظیر تریکلوسان، نقره و مس منتشر شده و سبب جلوگیری از رشد میکروب می‌شوند.

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

پوشاک کنترل‌کننده بوی نامطبوع

این فناوری برای پاکیزه نگه‌داشتن و کنترل بوی نامطبوع منسوجات مورد استفاده در پوشاک بسیار مورد توجه 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 تغییر در فرآیند تجزیه 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 ضد میکروب 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.



شکل ۴. بازار منسوجات ضد باکتری [۲]



شکل ۶: نمای از الیاف و منسوجات دارای لغاف نانومتري [۹]

الکتريسيته ساکن می‌شود. پدیده اخير 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.

لغاف‌های نانومتري 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 لغاف نانومتري و یک شلوار تهیه‌شده از پارچه معمولی و پارچه تکمیل‌شده با الیاف یادشده پس از ۵۰ بار شستشو نشان داده شده است [۳].

لباس‌های محافظ در برابر نور خورشید

محافظت در برابر پرتو فرابنفش به دلیل افزایش تهدید ناشی از سرطان، پیر شدن زود هنگام پوست و تخریب لایه ازن از اهمیت روزافزونی برخوردار شده 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،

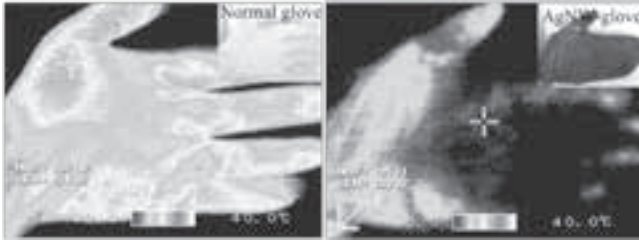
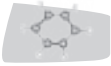
آن از روش‌های رایج رنگرزی استفاده نمی‌شود. در حال حاضر ۴ رنگ قرمز، سبز، آبی و بنفش با این فناوری ارائه شده‌اند. در این محصولات با شکست نور، نوعی رنگ زیبا ایجاد می‌شود که با توجه به زاویه نگاه شخص و نیز زاویه تابش نور به پارچه تغییر می‌کند. دانشگاه پلی تکنیک هنگ کنگ از یک روش نانویی برای بهبود رنگ‌پذیری 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 نموده‌های مختلفی از نور است که به زاویه یا غلظت نور رسیده بستگی دارد. Morphotex شامل ۶۱ لایه نایلون و پلی‌استر 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].

پوشاک ضد الکتریسیته 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 یا کرب) 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



شکل ۵: بال‌های رنگین‌کمانی پروانه آبی رنگ مورفو [۱]



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].

در برابر سایش مقاوم بوده و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است. در مقایسه با پارچه اصلاح نشده، 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 گرم کننده و خنک کننده

لباس‌های هوشمندی که خصوصیاتشان بر اساس محیط پیرامون قابل تغییر 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 ایجاد شده را جذب کرده و از حالت جامد به حالت مایع تغییر فاز می‌دهد که این امر سبب خنک شدن فرد پوشنده پوشاک می‌شود. از طرفی، با کاهش دمای محیط، گرمای جذب شده 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 نانو کپسول‌های 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]. به کارگیری نانو ذرات نقره در پوسته در کاهش اثر فوق سردشوندگی کپسول تاثیرگذار است.

محققان دانشگاه استنفورد با استفاده از یک توری 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.

شرکت‌های فعال در زمینه به کارگیری فناوری نانو در پوشاک

در زمینه به کارگیری فناوری نانو در پوشاک از نظر تعداد مؤسسات تحقیقاتی و شرکت‌های فعال، کشور 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 ۱ نشان داده شده است.

محصولات و بازارها

Nano-Care® و Nano-Care

پارچه‌های با نام تجاری Nano-Text بدون تأثیر نامطلوب بر تنفس پذیری یا احساس طبیعی پارچه، از ویژگی دفع لکه برخوردار هستند. شرکت Nano-Text امتیاز استفاده از پارچه‌های با نام تجاری Nano-Care را به شرکت‌های دیگر تولیدکننده پوشاک نیز واگذار کرده است؛ قطرات ریخته شده روی این پارچه‌ها به راحتی لیز خورده و از پارچه جدا می‌شوند؛ بدین ترتیب حفاظت اولیه در برابر لکه‌ها و آلودگی‌ها ایجاد می‌شود. یکی از کاربردهای Nano-Care در شلوارهای مردانه

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



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



شکل ۸: شلوار مردانه خاکی ضد لک با فناوری Nano-Care [۱۳]

Nano-Dry®

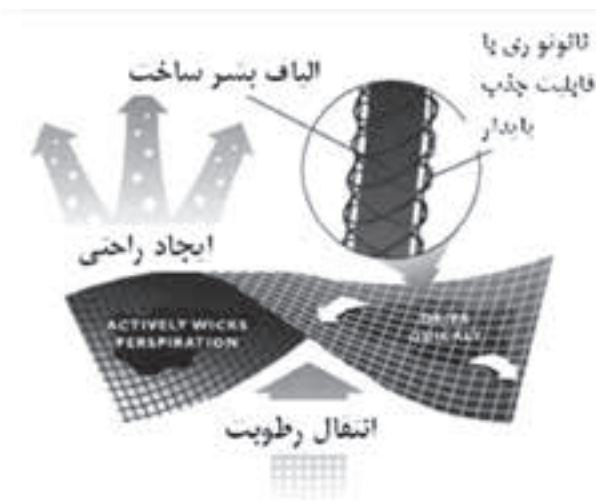
Nano-Dry یک پارچه تنفس پذیر است که رطوبت را جذب کرده و به سرعت خشک می‌شود. این لباس در برابر تعریق مقاوم بوده و فرد را خنک و خشک نگه می‌دارد (شکل ۱۰). شرکت‌های Hagger, Dockers و Croft & Barrow محصولات از این نوع شلوارهای بادوام که با استفاده از فناوری پارچه Nano-Dry تولید شده‌اند را به بازار عرضه می‌نمایند [۲].

Nano-Touch®

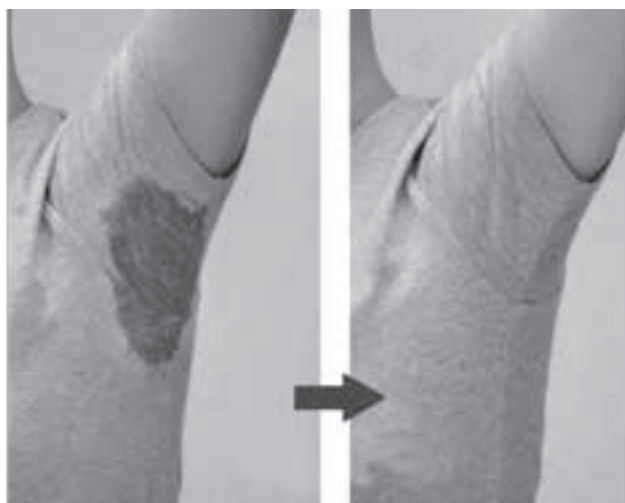
Nano-Touch فناوری جدیدی است که باعث می‌شود، الیاف مصنوعی احساسی همچون الیاف پنبه‌ای ایجاد نمایند. با استفاده از این فناوری جدید یک لایه نازک، روی هسته الیاف مصنوعی ایجاد می‌شود که نرمی و راحتی الیاف پنبه‌ای را به پارچه می‌دهد در حالی که دوام، استحکام، پایداری رنگ، و ویژگی ضد چروک الیاف مصنوعی را حفظ می‌کند [۲].

Nano-Pel®

استفاده از فناوری Nano-Pel بر منسوجات امکان دفع لکه را فراهم کرده است. این نوع تکمیل بر خلاف تکمیل‌های معمول 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 برای به‌کارگیری در پارچه‌های مختلف نشان دهد (شکل ۹) [۱۳].



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





Nano-Fresh®

در پوشش‌های مورد استفاده در پارچه‌های بافته شده یا بی‌بافت طراحی شده‌اند. معمولاً اکسید روی برای جذب UVA و UVB و نیز اثرات ضد قرمز شدن و ضد سوختگی پوست، فعالیت ضد میکروبی و کنترل بو به کار می‌رود [۱].

عملیاتی است که روی الیاف اعمال شده، آن را خودتمیز کننده و خودتازه کننده می‌سازد. این پارچه‌ها بوهای نامطبوع را در لباس‌های ورزشی جذب و دور می‌کنند [۲].

UPF Protection

جمع‌بندی
امروزه تقاضا در تولید پوشاک با ویژگی‌های جدید و کارایی بالا در صنعت نساجی افزایش یافته است. پوشاکی که ضد میکروب 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 دمایی 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، خودتمیز شونده‌گی، 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.

شرکت پوشاک آمریکایی Eddie Bauer اولین تولیدکننده‌ای بود که از فناوری Nano-Tex در شلوارهای مردانه استفاده کرد. فناوری حفاظت در برابر پرتو خورشید که شرکت Eddie Bauer استفاده می‌کند، برخلاف روش‌های دیگر محافظتی باعث ضخیم شدن لباس نشده، در عین حال از فرد به خوبی محافظت می‌کند. این فناوری در لباس‌های مختلفی از جمله شلوارک شنای مردان، Trail Pants برای زنان و پیراهن‌های Water و Day Hike مردان مورد استفاده قرار گرفته است [۲].

Selfclear

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

نخ‌های SelfClear ساختار چند لایه‌ای با میکرو حفراتی به قطر چند ده نانومتر در سطح دارند و این نانو حفرات مساحت سطحی بالایی ایجاد می‌کنند. چون از اکسید تیتانیوم 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 خودتمیز شونده‌گی سعی دارد با بهبود روش‌های فراوری، ویژگی‌های ضدبو، ضد میکروب 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 NanoShield™ ZN-3010 و NanoShield™ ZN-3012

محصولات NanoShield™ ZN- و NanoShield™ ZN-3010 و NanoShield™ ZN-3012 اکسید روی دیسپرس در آب هستند که برای کاربرد

منابع

- [۱] کوچکی، ا.، عباسی، ع.، افشاری، ح.، شکی، ح.، هراتی، فر.، 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.
- [3] Ashish Kumar, Nano Finishes in Textiles, Novozymes South Asia Pvt Ltd City.
- [4] 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)»
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] http://edu.nano.ir/index.php?actn=papers_view&id=369&action2=print. City.
- [10] 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)».
- [12] <http://1pezeshk.com/archives/2015/01/thisclothing-acts-like-a-personal-heater-when-temperatures-drop.html>.
- [13] http://www.textileworld.com/Issues/2003/March/Features/Burlingtons_Virtually_Here
- [14] http://edu.nano.ir/index.php?actn=papers_view&id=386&action2=print.