



نانو تکنولوژی

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

کاربرد فناوری نانو در منسوجات خانگی



شکل ۱. خواص منسوجات خانگی تکمیل شده با نانو ساختارها [۲]

بخش منسوجات خانگی و صنعت میلمان یکی از بزرگ‌ترین بازارهای منسوجات فنی به شمار می‌روند. تمایل مصرف کنندگان منسوجات خانگی به راحتی و استفاده از منسوجات با قابلیت کاربرد آسان، فرصتی برای بازار محصولات نانو با عملکردهای بیشتر است.

تجارت منسوجات خانگی در سال ۲۰۱۲، ۷۶ میلیارد دلار برآورد شده

۱- فناوری نانو و کاربرد آن در منسوجات خانگی

فناوری نانو توانایی کنترل ماده در ابعاد مولکولی و بهره‌برداری از خواص و پدیده‌های این بعد در مواد، ابزارها و سامانه‌های نوین است. فناوری نانو زمینه‌ای از دانش کاربردی و فناوری است که زمینه‌های گسترده‌ای را پوشش می‌دهد. موضوع اصلی این فناوری، مهار ماده یا سامانه‌ها در ابعاد کمتر از یک میکرومتر، معمولاً حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است. فناوری نانو در تمامی گرایش‌های علمی راه‌یافته و از فناوری‌های نوینی است که با سرعت هرچه تمام‌تر در حال توسعه می‌باشد.

با ظهور فناوری نانو، دریچه‌ای جدید به روی صنعت نساجی و سایر صنایع گشوده شد. ایجاد محیط پاک‌تر و ایمن‌تر، مهم‌ترین دستاورد مهندسی نانونساجی در بخش منسوجات خانگی است. منسوجات خانگی شامل انواع پتو، لحاف، پارچه‌های رومبلی و پرده‌ای، روتختی، ملحفه و روبالشی، تشک، حوله، رومیزی، پرده، فرش، موکت و نظیر این‌ها است. در مطالعه‌ای که توسط اتحادیه صنعت نساجی و پوشاک Bavar-ian در مورد روند و چشم‌انداز این صنعت صورت گرفت، نقش قابل توجهی برای کاربردهای آتی منسوجات خانگی با استفاده از روش‌های جدید تکمیل پارچه و فناوری پوشش‌دهی، با استفاده از فناوری نانو در نظر گرفته شده است.

شکل ۱، برخی از خواص منسوجات خانگی تکمیل شده با نانو ساختارها را نشان می‌دهد.



ضد باکتری، ضد بو، دافع آب و لکه، کندسوزی و آب‌دوستی معطوف بوده است. انواع پوشش‌های نانومقیاس که در منسوجات خانگی به کار می‌روند، سبب ارزش‌افزوده در صنعت منسوجات خانگی می‌شوند. این پوشش‌ها شامل پوشش‌های محافظ در برابر پرتوهای فرابنفش، عایق حرارتی، ضد میکروب، ضد آب، ضد لک و ضد آتش هستند. در این بخش، به برخی از نانو تکمیل‌های انجام‌شده بر منسوجات خانگی و مواد به‌کاررفته در این تکمیل‌ها اشاره می‌شود.

۱-۲- تکمیل کندسوز یا ضد آتش

با توجه به این‌که الیاف از جمله مواد قابل اشتعال می‌باشند و هر ساله، خسارات مالی و جانی زیادی بر اثر آتش گرفتن منسوجات به وجود می‌آید، لازم است اصلاحاتی در منسوجات به‌منظور تأخیر در شعله‌وری ایجاد شود. از جمله راه‌کارهای رسیدن به این هدف عبارت‌اند از: افزایش نقطه‌ی اشتعال الیاف به‌منظور نیاز به دمای بیشتر برای آغاز سوختن، کاهش طول شعله حاصل از سوختن، توقف سوختن الیاف با حذف منبع آتش و کاهش سرعت پیشروی آتش روی کالا.

در صورتی‌که اهداف بالا محقق گردد، کالا دیرتر آتش گرفته و سرعت انتقال آتش کاهش می‌یابد؛ بنابراین، فرصت بیشتری برای مهار آتش فراهم می‌شود. شکل ۳، نمونه‌ای از پارچه عمل‌آوری شده با نانو مواد کندسوز را نشان می‌دهد.

استفاده از نانو ذرات، زمانی‌که به‌خوبی در ساختار پلیمر پراکنده شده باشند، می‌تواند سبب بهبود خواص حرارتی، مکانیکی و مقاومت در برابر آتش شود. مقدار نانو مواد مصرف شده در فرایندهای تکمیلی، به‌مراتب کمتر از موادی با ابعاد میکرو است و این ویژگی ناشی از بیشتر بودن سطح مخصوص مواد نانو ساختار و سطح تماس بیشتر آن‌ها با پلیمر است. در حقیقت، عملکرد هر کدام از این نانو ذرات بر اساس شکل و ساختار شیمیایی در ایجاد خاصیت کندسوز متفاوت است. غالباً مواد نانو ساختار به‌کاررفته در این تکمیل در سه دسته کلی نانو رس، نانولوله کربن و نانو ذرات سیلیکونی و اکسید فلزی قرار می‌گیرند که در جدول ۱ به‌اختصار بیان شده است:

است. بیشترین تولیدات، مربوط به کالای خواب، حوله، پرده و رومیزی است. در این آمار، مبلمان، پارچه و الیاف مورد مصرف در آن‌ها در بخش منسوجات صنعتی و دیگر مصارف طبقه بندی می‌شوند. بر اساس آمار منتشر شده در سال ۲۰۱۲، کشور چین ۴۰ درصد از تجارت و ۶۰ درصد از صادرات منسوجات خانگی به ارزش ۳۰ میلیارد را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که کشور هند در ۱۴ درصد از تجارت و ۹ درصد از صادرات، پاکستان ۶ درصد از تجارت و ۹ درصد از صادرات و سایر آسیایی ۸ درصد از تجارت و ۵ درصد از صادرات منسوجات خانگی جهان دخیل هستند.



شکل ۲. بازار جهانی منسوجات در سال ۲۰۱۲ (درصد از سهم بازار)

۲- کاربرد فناوری نانو در تکمیل منسوجات خانگی

هرچند استفاده از الیاف نانوکامپوزیتی (حاوی نانوذرات) با کارایی ویژه، بی‌یافت‌های نانولیفی و فناوری نانوتکمیل، از جمله زمینه‌های بالقوه برای استفاده از فناوری نانو در منسوجات خانگی به‌شمار می‌آیند، با این‌وجود، تاکنون فرصت‌های عمده ایجاد ارزش از طریق فناوری نانو در منسوجات خانگی، به تکمیل منسوجات خانگی با مواد نانوساختار به‌منظور محافظت در برابر پرتو فرابنفش، عایق‌بندی گرمایی، ایجاد خاصیت



شکل ۳. نمونه‌ای از پارچه کندسوز با استفاده از نانو مواد، (الف) آزمون اشتعال پارچه ساده، (ب) عمل‌آوری پارچه با نانو مواد (ج) آزمون اشتعال پارچه تکمیل‌شده [۳]



جدول ۱. نانو ساختارهای به کار رفته در تکمیل کندسوزی پلیمرها [۵]

کاربرد	مکانیسم	نحوه کاربرد	نانو ساختار
قابلیت کاربرد در پلیمرهایی نظیر پلی-پروپیلن، پلی‌امید ۶ و پلی‌استایرن استفاده می‌شود.	ایجاد سد حرارتی و ممانعت از تبخیر فرآورده‌های قابل اشتعال	افزودن نانو رس اصلاح یافته درون ماتریس پلیمری	نانو رس
قابلیت کاربرد در پلیمرهایی نظیر سلولز، پلی‌متیل متاکریلات، پلی‌امید ۶، پلی‌اتیلن با چگالی پایین و پلی‌پروپیلن	تشکیل ساختار شبکه‌ای در داخل پلیمر و بهبود خواص فیزیکی ماده	افزودن نانولوله کربن به ماتریس پلیمری	نانولوله‌های کربن
قابل استفاده در انواع پلیمرها	در دماهای بالا، ماده‌های سرامیکی مقاوم در برابر حرارت تولید می‌کنند	افزودن به ماتریس پلیمری	سلیکونی
قابل استفاده در انواع پلیمرها	محدود کردن حرکت زنجیره‌های پلیمری در اثر اتصال قوی بین نانو ذرات و زنجیره‌های پلیمر و افزایش دمای شیشه‌ای و شاخص محدودکننده اکسیژن (LOI)	افزودن نانو ذرات اکسید فلزی نظیر دی‌اکسید تیتانیوم، اکسید آهن و نانو ذرات هیدروکسید فلزی به درون ماتریس پلیمری	نانو ذرات اکسید فلزی

۲-۲- تکمیل ضد میکروب

۳-۲-۱- منسوجات با خاصیت فعال شونده در برابر نور
منسوجات تکمیل شده با دی‌اکسید تیتانیوم که در اثر جذب نور، الکترون‌های مدار ظرفیت به مدار انرژی بالاتر منتقل شده و سبب اکسیداسیون غشاء سلولی میکرو ارگانیسم‌ها می‌شود.

استفاده از منسوجاتی با خواص ضد میکروبی در فرش و اثاثیه منزل و محیط خانه، مزایای فراوانی را به همراه دارد. در پارچه‌های تهیه شده از الیاف با ترکیبات مصنوعی مانند نایلون و پلی‌پروپیلن می‌توان از نانو ذراتی مانند اکسید روی، اکسید مس، دی‌اکسید تیتانیوم و نانو ذرات نقره و طلا برای ایجاد خواص ضد میکروبی استفاده کرد. اخیراً تمایل به بکارگیری نانوذرات اکسیدروی که خاصیت محافظت در برابر پرتوهای فرابنفش را دارند، نیز رو به افزایش است. مزیت دیگر استفاده از اکسید روی، افزایش ضریب ایمنی آن در کاربردهای متنوعی چون لباس زیر، لباس کودک و ... می‌باشد. ضمن اینکه استفاده از اکسید روی تغییر چندان در رنگ و شفافیت سطح پارچه ایجاد نمی‌کند. از جمله موارد مصرف این فناوری در منسوجات خانگی عبارت‌اند از: ملحفه، روتختی، روبالشی، پتو، رومیزی، مبلمان و الیاف پلی‌استر برای پر کردن بالش و لحاف‌های آماده.

۳-۲-۲- منسوجات با مواد ضد میکروب غیر قابل انتشار

مواد ضد میکروب در ماتریس منسوج یا پوشش روی منسوج تعبیه می‌شوند. خاصیت ضد میکروبی در این منسوجات ناشی از برهم‌کنش میان بار مثبت ماده ضد میکروب و بار منفی غشاء سلولی میکرو ارگانیسم است که سبب انهدام و جلوگیری از رشد و تکثیر میکروب می‌شود.

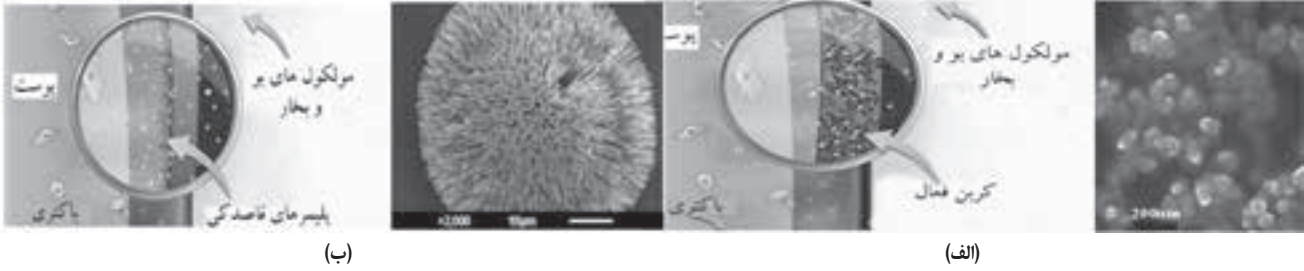
منسوجات ضد میکروب را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم‌بندی نمود:

۳-۲-۳- منسوجات با قابلیت رهایش مواد ضد میکروب

در این حالت ماده ضد میکروب نظیر تری‌کلوسان، نقره و مس از سطح محصول منتشر شده و بدینوسیله سبب جلوگیری از رشد میکروب می‌شوند.



شکل ۴. روش‌های مختلف معطر سازی منسوجات



شکل ۵. نانو مواد جاذب بوی نامطبوع در منسوجات (الف) نانوذرات کربن فعال و (ب) پلیمرهای قاصدکی

۳-۲- تکمیل مواد معطر

در سال‌های اخیر، تولید پارچه‌های معطر در بسیاری از کشورها مورد توجه قرار گرفته است. صنعت پوشاک ایالت متحده حدود ۱۷۳ بیلیون دلار ارزش دارد به طوری که حدود ۲٪ این بازار امروزه به پوشاک معطر اختصاص دارد. فرآیند معطر سازی پارچه، بخشی از فرآیند تولید پارچه است که در مراحل پایانی به‌عنوان یک بخش تکمیلی در نظر گرفته می‌شود. یکی از مهم‌ترین کاربردهای این صنعت، تولید پارچه‌هایی است که به‌عنوان ملحفه، پرده یا رومبلی از آن استفاده می‌شود. به‌منظور ایجاد حس خواب و کاهش خستگی، تکمیل منسوجاتی نظیر اسطوخودوس، مرکبات، دارچین و غیره استفاده از رایحه‌هایی نظیر اسطوخودوس، مرکبات، دارچین و غیره بسیار مناسب می‌باشد.

اسطوخودوس، پرکاربردترین و متنوع‌ترین روغنی است که در صنعت نساجی استفاده می‌شود. این روغن به ویژه برای سردردهای ناشی از مشکلات عصبی مفید است. تأثیر روغن‌های لیمو، بابونه، گل‌رز، هل، میخک، یاس و غیره نیز توسط بسیاری از محققین مورد تأیید است. معطر سازی پارچه با توجه به نوع مواد استفاده شده در فرآیند به سه روش انجام می‌شود.

۳-۲-۴- کنترل بوی نامطبوع

این فرایندها برای پاکیزه نگه‌داشتن و کنترل بوی نامطبوع مبلمان منزل بسیار مورد توجه قرار گرفته است. همچنین در منسوجات مورد استفاده در پوشاک، با کنترل معایب ناشی از تعرق و بوی نامطبوع بدن نقش مهمی در سلامت و ایجاد احساس راحتی در انسان ایفا می‌کند. به‌طور کلی، دو رویکرد مختلف به‌منظور کنترل بوی نامطبوع منسوجات ناشی از تعریق وجود دارد: روش جذب که روشی ساده به‌منظور به دام انداختن مولکول‌های ایجادکننده بو است و در این روش تغییر در فرایند تجزیه ترکیبات ناشی از تعریق انجام نمی‌شود، روش جلوگیری که در این روش از رشد و تکثیر باکتری‌هایی که مسبب تجزیه ترکیبات و ایجاد بوی نامطبوع هستند، جلوگیری به عمل می‌آید.

انجام تکمیل‌های ضدباکتری روی منسوجات برای رسیدن به این هدف پیشنهاد می‌شود. 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.



۲-۵- تکمیل خودتمیز شونده

پارچه‌های عمل شده با این تکمیل، به‌ویژه برای لباس کار و پوشاک راحتی که بازار آن‌ها پیوسته رو به رشد است، همچنین در یونیفرم‌های صنعتی، رومیزی‌ها و ملحفه‌های خانگی مناسب می‌باشند. سه روش مختلف برای ایجاد خاصیت خودتمیز شونده در منسوجات وجود دارد:

۱- نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم با قابلیت فوتوکاتالیستی که از توانایی تجزیه لکه‌های آلی برخوردار هستند، روی سطح منسوج تثبیت می‌شوند. با استفاده از انرژی پرتو خورشید، دی‌اکسید تیتانیوم دو ماده واکنش‌دهنده اکسایشی رادیکال‌های هیدروکسیل و آنیون سوپر اکسید ایجاد می‌کند. این دو ماده از طریق واکنش اکسایشی لکه آلی را تجزیه می‌کنند (شکل ۷ الف). شکل ۷ ب، طرح واره‌ای از فرایند حذف لکه آلاینده از روی منسوج را نشان می‌دهد.



خودتمیز شونده مواد لیفی [۱۱]

۲- با ابرآب‌گریز کردن سطح منسوجات با استفاده از نانولوله‌های کربنی، نانو ذرات سیلیس و کامپوزیت‌های پلیمری حاوی فلئوئور (فلئوئورواکریلات)/نانو ذرات، قطرات آبی که بر سطح منسوج می‌لغزند؛



۲-۷- تکمیل ضد پرتو فرابنفش

پوشش نانویی ضد UV ایجاد شده روی منسوجاتی نظیر پرده، مانع از ورود پرتو فرابنفش به فضای داخل خانه شده، از آسیب به پوست بدن و چشم جلوگیری نموده و از سفید شدن رنگ منسوجات نظیر پرده، فرش و میل ممانعت می‌نماید. از جمله نانو موادی که در تکمیل این گونه منسوجات مورد استفاده قرار می‌گیرد، دی-اکسید تیتانیوم و اکسید روی است. نانو اکسید روی به محض قرار گرفتن در معرض نور خواص فوتوکاتالیستی مؤثری را فراهم می‌کند و به عنوان ماده ایجاد کننده خواص خودتمیز شونده و ضد میکروب در منسوجات استفاده می‌شود. از سوی دیگر منسوجات حاوی یا پوشش داده شده با نانو ساختارهای فلزی به عنوان پوشش محافظ در برابر امواج الکترومغناطیس نیز به شمار می‌روند.

۳- برخی از نمونه‌های تجاری سازی شده منسوجات خانگی

نانوفناورانه در جهان

جدول ۲ شاخص‌ترین شرکتهای منسوجات خانگی نانوفناورانه در جهان در آمریکا، آسیا و اروپا را معرفی می‌کند.

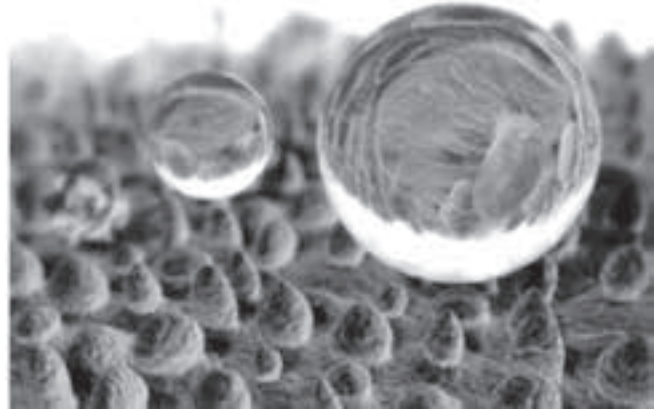
۳-۱- فناوری Masa™

فناوری Masa™ یک فناوری تجاری برای پوشش‌دهی منسوجات با نانو روکش فلزی است که توسط شرکت ژاپنی سوزوتورا ابداع شده است. محصولات این فناوری شامل منسوجات، مواد کشیاف، بی‌بافت و سایر ورقه‌های لیفی پوشش داده شده با فیلم فلزی در مقیاس نانو است. با استفاده از این پوشش فلزی یکنواخت، امکان ایجاد الیاف با کارایی بالا و ارزش افزوده مختلف وجود دارد (شکل ۱۰). پرده‌های تولیدی این شرکت که دارای روکشی از نانو ذرات فلزی است از ویژگی‌های زیر برخوردار می‌باشند:

- به دلیل قابلیت جذب پرتو فرسرخ (IR) توسط نانوذرات فلزی، این پرده‌ها مانع ورود بخش زیادی از نور خورشید شده؛ بنابراین در مقایسه با پرده‌های معمولی سبب کاهش دمای اتاق (حدود ۲ تا ۳ درجه شده

آلاینده‌های سطحی منسوج را جدا می‌کنند.

۳- ایجاد ساختارهای نانومتری بر سطح منسوج که مانع چسبندگی سطح شده و امکان دفع آلاینده‌های سطحی را فراهم می‌آورد (شکل ۸). برای مثال می‌توان به ایجاد شبکه‌ای از SiO_2 در هگزادسیل تری اتوکسی سیلان بر الیاف ویسکوز به روش سل-ژل اشاره کرد.



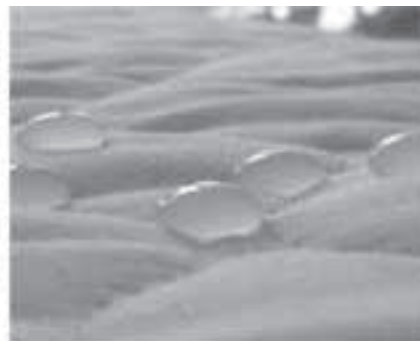
شکل ۸. برآمدگی‌های نانو ساختار روی سطح منسوجات [۱۱]

۲-۶- تکمیل دافع آب/روغن

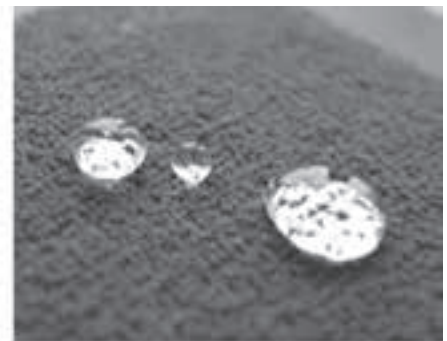
تکمیل‌های دفع کننده آب و لکه‌های خشک و روغنی، در تمام بخش‌های بازار نساجی از قبیل پوشاک، منسوجات خانگی و منسوجات صنعتی دارای اهمیت می‌باشند. با به کارگیری فناوری نانو در عملیات تولید یا تکمیل پارچه، قطرات مایع (اعم از آب، روغن) نمی‌توانند درون پارچه‌های مقاوم در برابر مایعات، نفوذ کنند (شکل ۹). این اثر شبیه اثر موجود در برگ‌های نیلوفر آبی یا گل لادن است که با یک لایه واکس به ضخامت یک نانومتر پوشیده شده‌اند. این خاصیت با استفاده از انواع نانو ذرات از قبیل دی‌اکسید تیتانیوم، لایه سیلوکسان، نانولوله‌های کربن و غیره ایجاد می‌شود. در تمامی موارد، نفوذپذیری هوا در پارچه تکمیل شده نباید افت قابل توجهی داشته باشد.



فرش



تشک



موکت

شکل ۹. برخی از منسوجات خانگی ضد آب/روغن شده با استفاده از نانو مواد



جدول ۲: شرکتهای شاخص منسوجات خانگی نانویی

شرکتهای آمریکایی		شرکتهای آسیایی		شرکتهای اروپایی	
نام شرکت	کشور	نام شرکت	کشور	نام شرکت	کشور
Nano-Tex	آمریکا	Suzutora	ژاپن	ABR Innova	فنلاند
LLC	آمریکا	Exlan	ژاپن	Nanosphere	سوئیس
NTC	آمریکا	Beijing ChnmGo	چین	CTT	کانادا
Burlington Industries	آمریکا	Holding Nano-Group	چین		
Donaldson	آمریکا	Texnology Nano Textiles	چین		
Greenyarn	آمریکا	Hyosung and Nano Products	کره جنوبی		

در تابستان) و کاهش هزینه برق مصرفی دستگاههای تهویه می شوند. با کاهش میزان عبور پرتو فرابنفش از ایجاد رنگ پریدگی و پوسیدگی اثاثیه منزل بر اثر تابش نور خورشید جلوگیری کرده و سبب افزایش طول عمر این وسایل می شوند.

نانوذرات فلزی مانع از تغییر شکل پردهها می شوند و در نتیجه طول عمر این نوع پردهها بیشتر از سایر پردههای متداول است. یکی دیگر از منسوجات خانگی این شرکت، توری محافظ حرارت برای پنجرهها بانام تجاری ECO AIRIUS است (شکل ۱۱). پوشش فلزی روی سطح، نور آفتاب را منعکس کرده و مانع از ورود حرارت خورشید به درون فضای خانه می شود. این امر سبب کاهش دمای فضای نزدیک پنجره و در نتیجه احساس راحتی یکنواخت در اتاق می شود. ضمن اینکه با جلوگیری از ورود حدود ۶۹٪ از پرتو فرابنفش، مانع از آسیب رسیدن به مبلمان و اثاثیه منزل در اثر پرتو خورشید خواهد شد.



شکل ۱۰. لیف پوشش داده شده با نانو ذرات فلزی

۳-۳-۳- محصولات دافع آب/ لکه
 ۳-۳-۱- محصول دافع آب Aquapel™
 نسل جدید محصولات دافع آب شرکت نانوتکس است که ضمن زیست سازگار بودن، اقتصادی نیز هست. در این تکمیل، سطح مولکولی پارچه از طریق اتصال دائمی تارپلورهای آبگریز به الیاف بدون تغییر ماهیت احساس یا قابلیت تنفس پارچه اصلاح می شود. علاوه بر این، تکمیل دافع آب فاقد فلئوئورو کربن و پرفلوئورو-کاتیونیک اسید است و لذا مناسب استفاده در خانهها است.

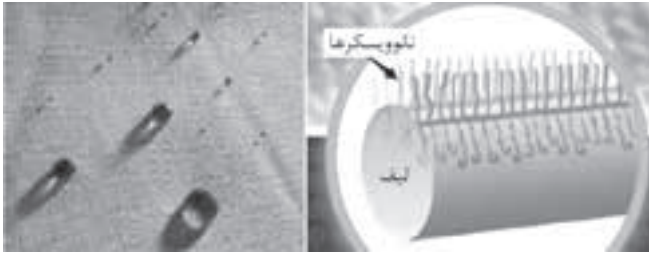
۳-۳-۲- شرکت نانو فور لایف
 میل و پرده این شرکت یک محصول مبتنی بر فناوری نانو است که پس از استفاده از این محصول حفاظت دائمی از میل، پرده و پارچههای ضخیم اسجد می کند؛ بنابراین هیچ مایع خارجی یا ماده چرب نمی تواند به سطح پارچه نفوذ کند. این محصول برای کاربردهای منسوجات خانگی از قبیل مبلمان، انواع پرده، فرش، تشک، صندلی ماشین، صندلیهای کودک، صندلی سالنهای همایش، انواع کیف با پارچههای ضخیم، چرم (بدون شیمیایی)، بادبان قایق، چادر، چتر و غیره مناسب است.

۳-۲- کالای خنک کننده

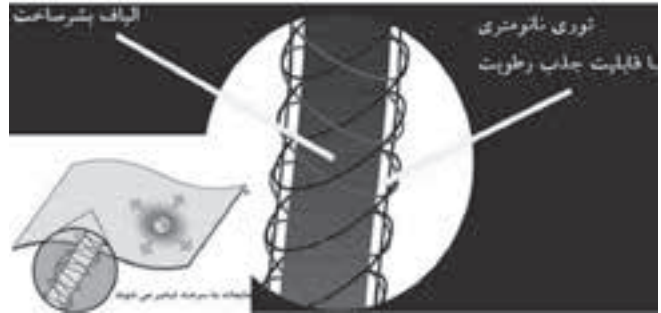
محصولات خنک کننده شرکت نانوتکس (بانام تجاری Coolest comfort، با استفاده از فناوری توری نانومتری تهیه شده است. در این فناوری، الیاف مصنوعی توسط توریهای نانومتری با ساختار مولکولی سه بعدی و با قابلیت جذب رطوبت بالا پوشانده می شود (شکل ۱۲). خاصیت موئینگی ایجاد شده توسط توریها، سبب جذب و انتشار سریع رطوبت شده و موجب خنک شدن و راحتی فرد در هنگام استفاده از تشک، رختخواب یا لباس می شود.



شکل ۱۱. توری محافظ حرارت برای پنجرهها



شکل ۱۳. (تصویر سمت راست) قرارگیری نانوتار بلورها به طول ۱۰ نانومتر روی لیف، (تصویر سمت چپ) قطره شدن آب میوه ریخته شده روی پارچه تکمیل شده با نانویسکرها [۱۶].



شکل ۱۲. نمای تریسمی از الیاف مصنوعی پوشش داده شده با نانوتور

۳-۳-۳- تشک‌های پارچه‌ای خانگی شرکت برلینگتون

این شرکت چهار محصول ضد لک NANO-CARE®، جاذب رطوبت پوست بانام NANO-DRY®، ضد چروک NANO-PELTM و محصولی بانام NANO-TOUCHTM را در اختیار دارد. محصول آخر شامل الیاف مصنوعی پوشیده شده با یک نانو لایه سلولزی (نانوتار بلور سلولزی) است که پارچه‌ای را با احساس طبیعی پنبه اما با ماندگاری الیاف مصنوعی ایجاد می‌کند. به‌منظور قرار دادن نانوتار بلورها روی پارچه، پارچه درون محلولی حاوی این ماده غوطه‌ور می‌شود. با تبخیر آب، نانویسکرها (تار بلورها) به‌صورت شیمیایی به پارچه متصل شده و پارچه‌های آب‌گریز ایجاد می‌کنند (شکل ۱۳).

۳-۳-۴- تشک خواب با فناوری نانو

شرکت سیمونز (یکی از بزرگ‌ترین سازندگان وسایل خواب در جهان) آخرین نوآوری خود را بانام تشک هوشمند سلامت عرضه کرده است (شکل ۱۴). این تشک دارای روکشی زیب‌دار است که می‌توان آن را جدا و خشک‌شویی کرد. در این روکش از الیاف توخالی بانام تجاری Coolmax® (الیاف پلی‌استر با چهار کانال توخالی) محصول شرکت دوپونت استفاده شده است. استفاده از این الیاف به دلیل سرعت تبخیر زیاد رطوبت موجب عدم نگهداری رطوبت و تعریق در الیاف شده و پس از شسته شدن هم به‌سرعت خشک می‌شود. استفاده از فناوری دافع آب شرکت نانوتکس در لایه دوم این تشک مانع از نفوذ آب شده و در نتیجه، در صورت ریختن آب یا هرسپال دیگر بر روی تشک، امکان شستشو و پاک کردن سریع آن وجود دارد. لایه سوم نیز پارچه‌ای حوله‌ای است که در آن از الیاف تفلون باقابلیت حفاظتی فوق‌العاده استفاده شده است.

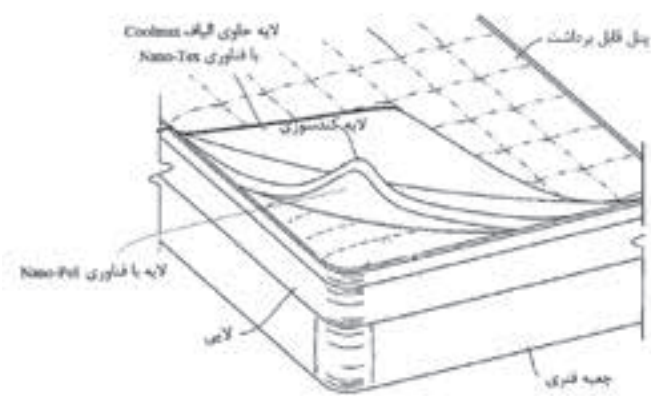
۳-۴-۴- الیاف چندمنظوره ضد میکروب

این فناوری که توسط شرکت هیوسونگ کره جنوبی توسعه یافته، در واقع نوعی الیاف چندمنظوره ضد میکروب است که با استفاده از فناوری نانو نقره تولید می‌شود. این محصول بانام تجاری MIPAN Nano Mag-@ic Silver شناخته می‌شود. استفاده از این الیاف در تولید منسوجات،

موجب می‌شود تا شخص در برابر انواع عوامل بیماری‌زا محافظت شود. تمیزی، دوام و ایمنی وسایل خواب، حوله‌ها، پارچه‌هایی که برای تمیز کردن ظروف استفاده می‌شوند و نیز محصولات بهداشتی شخصی را می‌توان نمونه‌ای از کاربرد این فناوری در منسوجات خانگی دانست.

۳-۵- محصولات کندسوز شرکت آلکسیوم

شرکت آلکسیوم اینترنشنال مواد شیمیایی کندسوز سازگار با محیط‌زیست ویژه‌ای را برای انواع پارچه‌های به‌کاررفته در صنعت نساجی توسعه داده است. این شرکت، محصولات خود را بانام تجاری AlexiflamTM (پارچه ۱۰۰٪ پنبه‌ای و پلی‌استر)، Alexiflam-NFTM (مخلوط پنبه و پشم)، Alexiflam-SYNTM (۱۰۰٪ پلی‌استر، ۱۰۰٪ آکریلیک، ۱۰۰٪ نایلون و مخلوط الیاف مصنوعی) به بازار معرفی کرده است. شکل ۱۵، نمونه پارچه پنبه/نایلون تولیدی شرکت آلکسیوم را نشان می‌دهد. این شرکت سفارش جدیدی برای نانو محصول ضد آتش خود دریافت کرده که قرار است نانو محصول این شرکت در بازار میلمان خانگی استفاده به کار رود. این فناوری مربوط به اصلاح سطح منسوجات با استفاده از نانو ذرات برای افزایش مقاومت در برابر آتش است. وزارت دفاع امریکا حدود ۲۷ میلیون یارد از پارچه نایلون/پنبه ضد آتش شده را سالانه خریداری می‌کند.



شکل ۱۴. تشک هوشمند سلامت



ردیف	شرکت تولید کننده	نام محصول	عملکرد و اثرات
1	رتگدانه سیرجان	مستر بیج نانوکامپوزیتی پلی پروپیلن	ضدمیکروب، محافظ در برابر اشعه فرابنفش
2	ناتونخ سیرجان	نخ نانوکامپوزیتی پلی پروپیلن	ضدمیکروب، محافظ در برابر اشعه فرابنفش
3	مجتمع پتروشیمی شهید تندگویان	گرانول نانوکامپوزیتی پلی اتیلن ترفتالات	ضدمیکروب، ضدلک
4	نغیس نخ	نخ نانوکامپوزیتی فیلامنت پلی استر	ضد میکروب و ضد بو
5	تهران زرنخ	نخ نانوکامپوزیتی فیلامنت نایلون	ضد میکروب و ضدبو
6	گلفام	ملحفه و روبالشی	ضد میکروب
7	ابههریس	منسوج بی بافت نانوکامپوزیتی پلی پروپیلن	
8	نانوساختار اویژه	نانومواد معطر کننده منسوجات	معطر کنندگی
9	کیمیا پژوهش ماهان	تونیک گیاهی پاک کننده و براق کننده مصنوعات چرمی	پاک کنندگی، ضدمیکروبی
10	نانونساجی ماد	منسوج محافظ در برابر امواج	حفاظت در برابر امواج
11	آتیه حکمت آبتین	منسوجات پنبه‌ای ضد میکروب و محافظ در برابر پرتو فرابنفش	ضدمیکروب و محافظ اشعه فرابنفش
12	فرخ سپهر (فرش فرهی)	فرش های ماشینی	ضد میکروبی

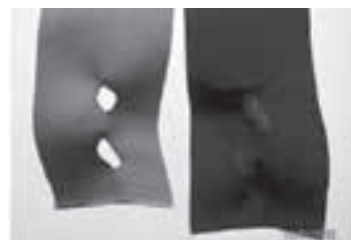
هزینه‌های اضافی اعمال شده بر بخش منسوجات خانگی است. هرچند شایان توجه است که چنانچه رقبا از فرصت‌های ایجاد شده به واسطه فناوری نانو استفاده نمایند، شرکت‌ها نیازمند واکنش صحیح یا ناچار به تسهیم مزایا و بازار میان رقبا هستند. بازار منسوجات خانگی از ۱۹۲ میلیارد دلار کنونی در سال ۲۰۲۲ به ۲۳۷ میلیارد دلار و ارزش کل نانومواد مورد نیاز در بخش منسوجات خانگی از ۳۰ میلیون دلار در سال ۲۰۱۲ به ۵۰۰ میلیون دلار در سال ۲۰۲۲ خواهد رسید. فناوری نانو در بخش منسوجات خانگی تأثیر بسزایی در تولید پوشش‌های چندمنظوره و ایجاد محیطی سالم باقابلیت‌های خود پاک‌کنندگی، پرداخت و رنگرزی پارچه‌ها جهت ساختن سطوح ضد آب و ضدلک برای مصارف خانگی مثل میلمان دارد. به‌علاوه تولید پارچه‌های ضد میکروب و فاقد بو، با استفاده از نانو ذرات اکسید روی، اکسید مس و نقره از جمله فرآورده‌های علم نانو است که در مقایسه با روش‌های شیمیایی و سنتی سازگاری بیشتر و بهتری با محیط پیرامون و محیط زیست دارد. همچنین از پارچه‌های به‌دست‌آمده از فناوری نانو، منسوجات خانگی معمولی و چندمنظوره با ضریب محافظتی بالا تولید می‌شود که برای داشتن محیطی سالم و مفرح مناسب است. ممانعت در برابر پرتو فرابنفش خورشید، عایق حرارتی، ضد میکروب، فاقد بو، ضدآب، ضدلک، مقاومت در برابر آتش و خاصیت آبدوستی را می‌توان مهم‌ترین دستاوردهای علم نانو به‌کاررفته در منسوجات خانگی در نظر گرفت.

منابع در دفتر مجله موجود است.

۴- برخی از نمونه‌های تجاری‌سازی شده منسوجات خانگی نانوفناورانه در ایران از جمله شرکت‌های فعال در زمینه تولید منسوجات نانوفناورانه در ایران می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. شایان ذکر است، محصول تولید شده توسط برخی از شرکت‌ها در بخش‌های گوناگون صنعت نساجی از جمله منسوجات خانگی قابل استفاده می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری از تحلیل هزینه‌ها و مزایا

در حالی که بهای تمام شده منسوجات خانگی نانو (بر مبنای بهای متعارف محصولات فاقد تکمیل نانو موجود در بازار) حدوداً بیش از ۱۰٪ افزایش یافته است، هزینه ناشی از استفاده از فناوری نانو با استقبال مشتریان از این محصولات تسویه شده است و آنها حاضرند بهای واقعی برای محصولات با کارایی ویژه را بپردازند (Nano-Text یک نمونه واقعی است). در نتیجه، مزایای محسوس و غیرمحسوس ناشی از افزودن نانومواد به منسوجات با تلفیق میان کیفیت و عملکرد به مراتب بیش‌تر از



شکل ۱۵. نمونه پارچه پنبه/نایلون رایج و کندسوز