کاربرد فناوری نانو در صنعت کف‌پوش‌های نساجی

مقدمه

فناوری‌نانو مفهوم جدیدی نیست اما بازتعریف آن در ده‌های اخیر چشم‌انداز مهمی برای توسعه ایجاد کرده است. فناوری نانو به کاربرد ساختارهایی با حداقل یک بعد در مقیاس نانو، برای ساخت مواد، دستگاه یا سامانه‌های ایجادکننده خواص نوین یا بهبودیافته می‌پردازد. جذابیت‌های حاصل از نانو نه تنها دانشمندان بلکه بازارهای صنعتی را نیز به سرعت به خود جذب کرده است. در این گزارش، به برخی از کاربردهای فناوری نانو در کف‌پوش‌های نساجی (شامل انواع فرش و موکت) به عنوان یکی از بزرگترین حوزه‌های صنعت نساجی پرداخته شده است.

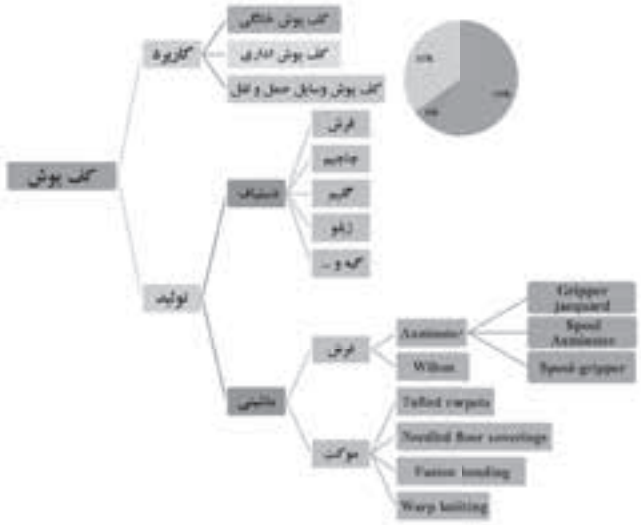
۱- صنعت کف‌پوش

کف‌پوش‌ها نقش مهمی در زندگی امروز ما ایفا می‌کنند و کاربردهای متنوعی دارند. به طور کلی کف‌پوش‌ها به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند؛ کف‌پوش‌های ورزشی، صنعتی، زینتی، خانگی و غیره که این تنوع باعث گستردگی این صنعت نیز شده است. از دیدگاهی دیگر، کف‌پوش‌ها به انواع دستی و ماشینی دسته-بندی می‌شوند. هرچند ممکن است کف‌پوش‌های دست‌باف، از تنوع زیادی همچون کف‌پوش‌های مصنوعی و ماشینی برخوردار نباشند، اما از برتری‌های منحصر به فردی برخوردارند. از مهمترین کف‌پوش‌های مصنوعی می-توان به انواع چمن‌های مصنوعی، کفپوش‌های PVC و لمینیت، کف‌پوش‌های چوبی و پارکت، انواع سنگ، موکت‌های نمدی و تافتینگ، فرش‌های ماشینی بافته شده در تراکم‌ها و بافت‌های مختلف، کف‌پوش‌های پلیمری و کف‌پوش‌های ترکیبی پلیمری،منسوج، سرامیک، کاشی و غیره اشاره کرد. از میان دست‌بافته‌ها در صنعت کف‌پوش می‌توان به فرش‌های دستباف، انواع گلیم، جاجیم، گبه، نمد و حصیر اشاره کرد. البته گاهی مفروشات دست‌باف به قدری زیبا، ظریف و ارزشمند هستند که از کف‌پوش به دیوارپوش تبدیل می‌شوند و فضای منزل را آذین‌بندی می‌کنند. تنوع زیاد و روزافزون موجود در صنعت کف‌پوش موجب شده است تا در انتخاب کف-پوش، عوامل بسیار زیادی در نظر گرفته شود.

پیش‌بینی‌های صورت گرفته در سال ۲۰۱۳ نشان می‌دهد که میزان تقاضا برای فرش و کف‌پوش‌ها تا سال ۲۰۱۶ میلادی با رشد ۹,۴ درصدی به حدود ۶,۱۸ میلیارد مترمربع در سال خواهد رسید. این در حالی است که میزان ارزش بازار جهانی کف‌پوش‌ها با ۸,۶ درصد افزایش به عدد ۲۷۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۶ خواهد رسید. پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که درسال‌های آینده،بازار کشورهای آسیایی از رشد مناسبی برخوردارخواهندبود. مهم‌ترین دلیل رشد این بخش، صنعتی شدن و افزایش درآمد سرانه در این کشورها است که منجر به افزایش توان خرید مردم شده است. کشورچین به عنوان بزرگ‌ترین بازارمصرف کف‌پوش‌های جهان یک‌سوم از تقاضاهای جدید ایجادشده در بازار تا سال ۲۰۱۶ را به خود اختصاص خواهد داد. بازار صنعت کف‌پوش در آمریکا و کانادا به دلیل غلبه بر بحران ساخت‌وساز مسکن و رشد تولید خودرو در رتبه دوم و سوم قرار می‌گیرد [۱].

صنعت کف‌پوش را می‌توان از نظر روش تولید و کاربرد محصول نهایی، مطابق شکل ۱ تقسیم‌بندی کرد [۲].

همانطور که دراین شکل مشاهده می‌شود، کف‌پوش‌های خانگی بیشترین سهم بازارکف‌پوش‌های صنعتی را به خود اختصاص داده‌اند (۵۹٪) و سهم کف‌پوش‌های به کار رفته در وسایل نقلیه، تنها ۶٪ ازکل کف‌پوش‌های صنعتی تولید شده می‌باشد. از جمله رایج‌ترین کف‌پوش‌های خانگی، فرش (دست‌باف و ماشینی) و موکت است که البته در محیط‌های اداری و وسایل حمل و نقل نیز کاربرد دارند. در تولید این نوع کفپوش‌ها از انواع الیاف، نخ و بافت استفاده می‌شود و با توجه به سلیقه مردم هر کشور یا منطقه، نوع بافت، تراکم و نوع الیاف به کار رفته درآنها متفاوت است. با توجه به سهم قابل توجه کف‌پوش‌های منسوج (فرش و موکت) درصنعت کف‌پوش، در این گزارش به اهمیت به کارگیری فناوری نانو در این نوع کف‌پوش‌ها پرداخته می‌شود.



شکل ۱. طبقه‌بندی کفپوش‌ها بر اساس کاربرد و نحوه تولید

۲- اهمیت کاربرد فناوری نانو در تولید کف‌پوش‌های منسوج

نوآوری در جلب نظر مصرف‌کننده یکی ازشاخصه‌های اصلی هر صنعت است. کیفیت، دوام و ایجاد خصوصیات ویژه در کف‌پوش‌ها و برآورده ساختن نیاز مشتریان از جمله عوامل مهم تقویت جایگاه این صنعت و افزایش سهم آن در بازار به شمارمی‌رود.

وجود قابلیت‌های نوین نظیر ضدآب ولکه، ضد بو، خودتمیزشوندگی، ضد میکروب، مقاومت در برابر چروک، ضد الکتریسته ساکن، کندسوزی و جلوه‌های ظاهری متفاوت، ازجمله معیارهای جدید مشتریان در انتخاب کف‌پوش‌های منسوج است. بنابراین، فناوری‌نانو با قابلیت ایجاد خصوصیات متفاوت در این محصولات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۳- پتانسیل به کارگیری فناوری نانو درصنعت کف‌پوش‌های نساجی

عمده‌ترین الیاف مورد استفاده بر سطح و پشت کف‌پوش‌های نساجی، به تفکیک در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. به کارگیری فناوری نانو در بخش‌های مختلف تولیدالیاف و تکمیل محصول نهایی امکان‌پذیراست. از جمله کاربردهای فناوری نانو در صنعت کف‌پوش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

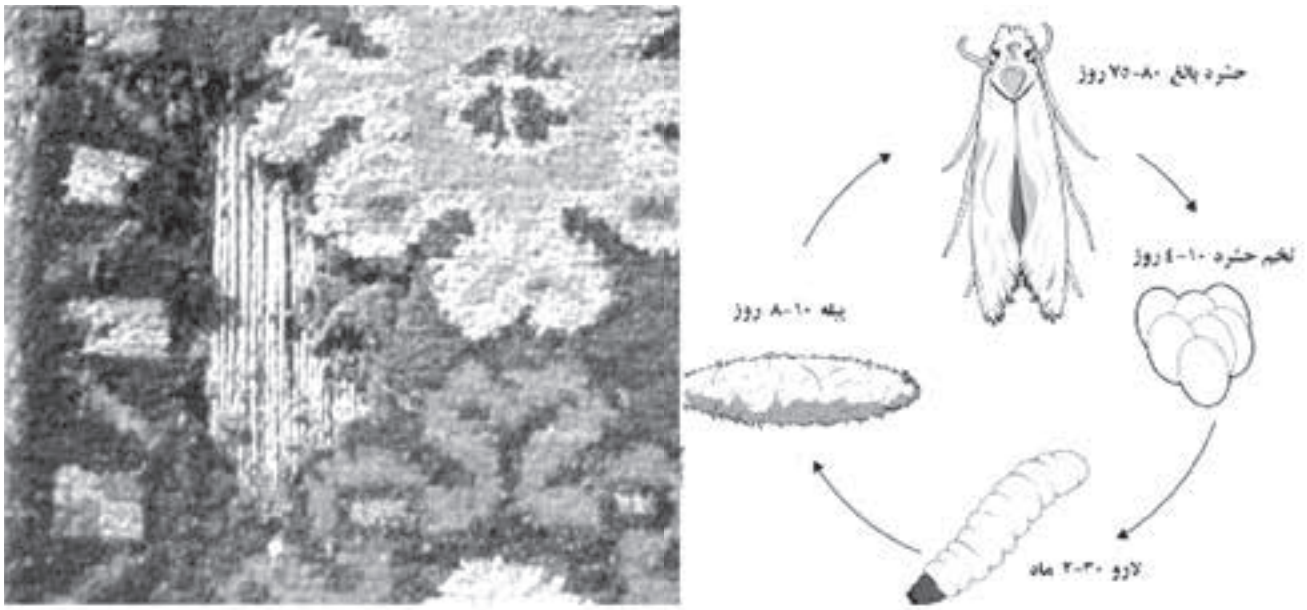
شکل ۲. الیاف مورد استفاده درکف‌پوش‌های نساجی [۲]

۳-۱- استفاده از فناوری‌نانو در مرحله تولید الیاف مصنوعی مورد استفاده در کف‌پوش‌های منسوج

درفرایند تولید الیاف مصنوعی نظیر الیاف پلی‌استر، پلی‌پروپیلن، نایلون و اکریلیک می‌توان با افزودن نانوساختارهای نقره، دی‌اکسیدتیتانیوم،

جدول ۱. برخی ازشرکت‌های تولیدکننده فرش و نخ فرش مبتنی بر فناوری نانو

شرکت	محصولات تجاری
SteriTouch	تولید نخ نایلونی و پلی پروپیلن ضد میکروب با نام تجاری freshfibers™
RadiciGroup	نخ نایلون۶ ضد میکروب با استفاده از فناوری ضد میکروبی AlphaSan® (سرامیک زیرکونیم فسفات حاوی نانو ذرات نقره)
	نخ ضدمیکروب با نام تجاری Starlight®feel و با ذوب‌ریسی الیاف پلی‌استر حاوی نانو ذرات فلزی نقره درون ماتریس دی‌اکسیدسیلیکون
TWD Fibres GmbH	نخ فیلامنتی فوق آب‌گریز با اثر خودتمیزشوندگی پایدار
	نخ پلی‌آمید ۶۶ ® CARR TIMBERLLE حاوی یون نقره با خواص ضد میکروبی
	نخ پلی‌آمید ۶۶ ® PerfomanZ TIMBERLLE حاوی یون روی با خواص ضد میکروبی و کندسوزی
Mohawk	تولید الیاف ضد لکه و ضد آب SmartStrand با نانو فناوری پیشرفته Nanoloc™
Beaulieu Group, LLC	افزودن نانو ذرات فلزی مس و روی حین ریسندگی الیاف فرش ضد میکروب با نام ® Silver Release
تهران زرنخ	نخ پلی‌آمید باخاصیت ضدمیکروب حاوی نانوذرات نقره/TiO_2



شکل ۳. نمایی از یک فرش که در معرض حمله بید قرار گرفته است و چرخه زندگی حشره بید بر روی فرش

اکسیدروی، نانورس و نانولوله کربن ضمن ارتقاء رنگ‌پذیری و خواص مکانیکی این الیاف، خواصی نظیر ضدمیکروبی، خودتمیزشوندگی،ضد بو، محافظت در برابر پرتو فرابنفش و کندسوزی ایجاد نمود که نتیجه آن، ارتقاء خواص نهایی کف‌پوش حاصل است. برخی از شرکت‌های داخلی و خارجی تولید کننده فرش و نخ فرش که در تولید محصول خود از فناوری نانو استفاده کرده‌اند، در جدول ۱ به اختصار بیان شده‌اند.

در نوآوری به ثبت رسیده در سال ۲۰۰۹ با شماره ثبت TW 200940779، طی فرایند ذوب‌ریسی الیاف نایلون،پلی‌پروپیلن و پلی‌استر مورد مصرف در فرش، زغال فعال و نانو نقره افزوده شد. این مواد علاوه بر ایجاد خواصی نظیر ذخیره انرژی، عایق حرارتی و ضد بو، سبب افزایش طول عمر فرش خواهندشد[۳]. در سال ۲۰۱۰، لیف پلی‌پروپیلن مقاوم به آتش حاوی نانو ذرات سلنیوم نیزتولیدشد. دراین نوآوری، مستربچ ضد آتش حاوی ۱۰ تا۲۰ درصدنانو ذره سلنیوم به کاربرده شد [۴].

۳-۲- تکمیل کف‌پوش‌های منسوج با استفاده از فناوری‌نانو

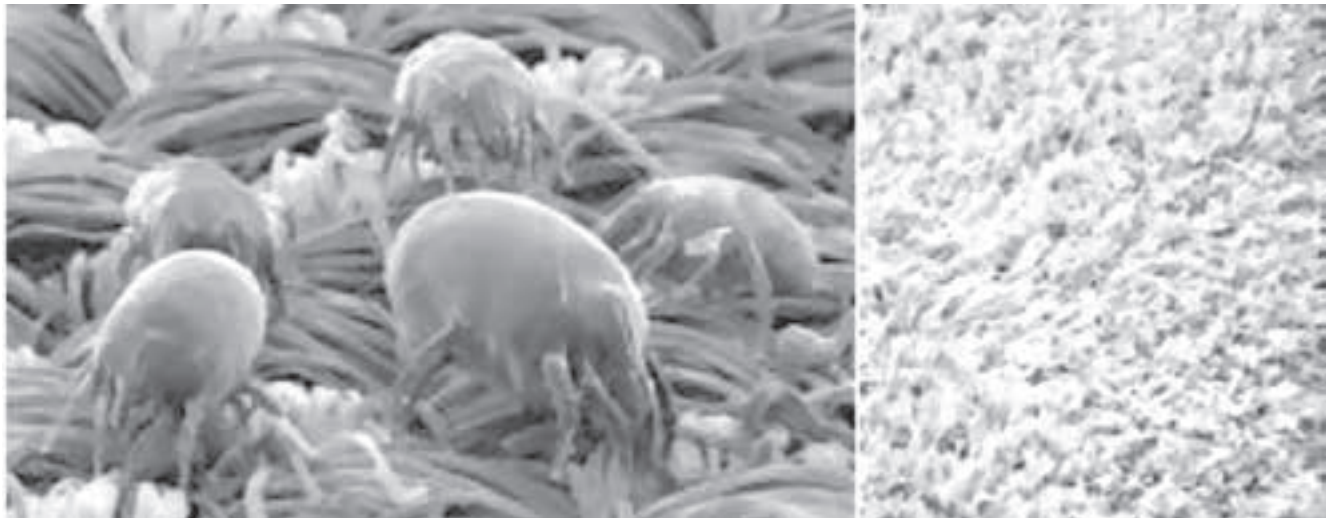
۳-۲-۱ تکمیل ضد بید

پشم از جمله مهم‌ترین الیافی است که به طور گسترده در تولید فرش و کف‌پوش‌هایی نظیر نمد مورد استفاده قرار می‌گیرد. الیاف پشم به دلیل حضور پروتئین در ساختارشان در معرض حمله حشراتی نظیر بید قرار می‌گیرند. محیط تاریک و مرطوب با دمایی در محدوده ۳۵-۲۵ درجه سانتی گراد شرایط مناسب برای بقای این حشره به شمار می‌آید. طول عمر بید روی فرش حدود ۶ الی ۹ ماه است. همین امر لزوم تکمیل منسوجات حجیم نظیر فرش و کف‌پوش‌ها را در زمان تولید با ترکیبات ضد بید به وجود آورده است. ترکیبات ضد بید مناسب علاوه بر عدم ایجاد آسیب بر محیط زیست و سلامت انسان، باید درطول مدت زمان استفاده از کف‌پوش پایدار باشند. به این منظور از مواد تکمیلی ضد بید حین فرایند رنگرزی الیاف پشمی استفاده می‌شود. استفاده از نانوکپسول‌های حاوی ترکیبات ضد بید و یا رنگینه‌های طبیعی دارای این خاصیت در فرایند رنگرزی پشم، از جمله کاربردهای فناوری نانو در این بخش می‌باشد. گروهی از محققین در تحقیقات خوددریافتندکه با استفاده از دی‌اکسیدتیتانیوم درتکمیل فرش پشمی، می‌توان خاصیت ضد بید ایجاد نمود [۱۴]

۳-۲-۲ تکمیل ضد میکروب و مایت

مایت‌ها موجوداتی میکروسکوپی هستند که به گروه کنه ها تعلق دارند ودر فضای داخلی اماکنی که از رطوبت بالایی برخوردارند، زندگی می‌کنند. مایت‌ها برای سلامتی انسان مضر هستند و اغلب باعث واکنش‌های آلرژیک مثل آسم می شوند. مایت‌ها از مواد آلی موجود در گرد و خاک خانه تغذیه می‌کنند که قسمت اعظم این مواد آلی شامل سلول‌های مرده پوست بدن انسان، قارچ‌ها وذرات ریز مواد غذایی پخش شده در سطح خانه است. مایت‌ها ذرات مرطوب را جذب می‌کنند.

استفاده از نانوذرات فلزی نظیر نقره، روی و همچنین نانوحامل‌های حاوی مواد از بین برنده مایت‌ها همچون نانوکپسول‌های کیتوسان حاوی Eugenol برای حصول این هدف گزارش شده است. امکان استفاده از نانوساختارهای مذکور در مرحله رنگرزی الیاف و همچنین در مرحله تکمیل به روش افشانه وجود دارد.



شکل ٤. نمایی از مایت‌های موجود بر کف‌پوش

با آغشتن الیاف پشم به نانوذرات نقره و دی‌اکسید سیلیس حامل نقره می‌توان الیاف ضدمیکروب با استحکام بالاترتولیدکرد. ضمن اینکه قدرت رنگی و ثبات رنگی آنها نیز افزایش خواهدیافت [۱۱]. عمل نمودن لیف پشمی با نانوذرات زیرکونیوم به عنوان دندانه در رنگرزی گیاهی موجب ایجاد خواص ضد میکروبی و کندسوزی در لیف رنگ شده خواهد شد. بهترین خاصیت ضد میکروبی و کندسوزی در روش رنگرزی پس دندانه به دست می‌آید [۱۳].

در کفپوش‌های تهیه‌شده 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 ضدمیکروبی استفاده کرد.

شرکت آمریکایی Beaulieu محلول ضد میکروبی حاوی نانوذرات روی تهیه‌کرده است که برای محصولات مختلف ازجمله انواع کف‌پوش‌ها قابل استفاده است. کف‌پوش ضدمیکروب تولیدشده برای کاربرد در محل‌هایی که به علت عبور و مرور بسیار زیاد مستعد رشد میکروب هستند، بسیارمناسب است [۱۶]. شرکت Danfloor انگلستان پوشش ضدمیکروب پایداری روی الیاف فرش بانام تجاری mædi-™ cal™ i-Link ارائه نموده است.

شرکت نساجی فرخ سپهر کاشان (گروه نساجی فرهی) نیز با نوآوری ثبت شده به شماره‌ی ۷۸۷۸۳ تحت عنوان «اصلاح ساختار سطحی و شیمیایی فیلامنت پلی‌استر با استفاده از ترکیبات پلی یورتان و نانو ذرات مس جهت استفاده در فرش ضد باکتری» اقدام به طراحی، تولید و توزیع فرش‌های بدون پرز و حساسیت نموده است. در این محصول، کلوئیدنانونقره حاوی ماده اتصال دهنده عرضی و سطح فعال آمفوتری بر نخ فیلامنتی پلی‌استر اعمال شده و پشت فرش ماشینی نیز با روش افشانه به این مواد آغشته شده است [۲۲].

۳-۲-۳ تکمیل ضد قارچ و پوسیدگی

الیاف طبیعی نظیر جوت یا پشم که در ساختار کف‌پوش‌هایی نظیر فرش استفاده می‌شوند، ممکن است در محیط مرطوب در معرض حمله قارچ‌ها قرار گرفته و منجر به کاهش استحکام و از دست رفتن کیفیت فرش شوند.

از سوی دیگر استفاده از آهار نشاسته بر الیاف فرش، احتمال حمله میکروارگانیزم ها به فرش را افزایش می دهد از سوی دیگر حضور ترکیباتی نظیر تیامین، ریبوفلاوین، پیریدوکسین، کلسیم، منیزیم، آهن، کبالت، قلع، منگنز، سیلیسیوم و فسفر موجب افزایش رشد میکروارگانیزم ها و احتمال تجزیه جزء سلولزی (همچون جوت) می شود. از جمله روش‌های موجود، درگیر کردن گروه‌های هیدروکسیل و یا استفاده از ترکیبات ضد قارچ در تکمیل کف‌پوش می‌باشد. نانوذرات دی اکسید تیتانیوم از جمله ترکیبات نانوساختاری است که به این منظور استفاده می‌شود.

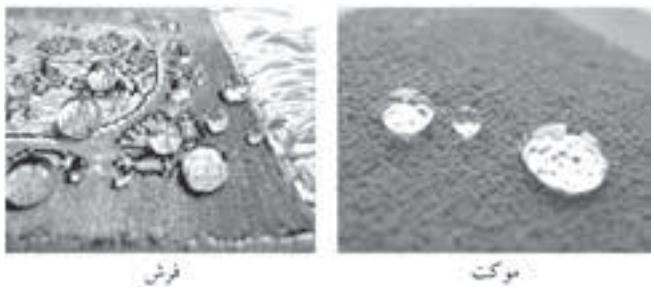
در سال ۲۰۰۱ نوآوری با عنوان فرش ضدقارچ آنتی بیوتیک به شماره CN 00259357 به ثبت رسید [۱۹]. در این نوآوری،پشت فرش با لایه ضد قارچی حاوی نانو ذرات نقره پوشش داده شده است. مزیت این روش ایجاد عملکرد ضد میکروبی خوب، تولید ساده و هزینه اندک است.

علاوه بر انجام تکمیل، می‌توان با افشاندن ماده ضدقارچ برکف‌پوش از آن محافظت کرد. برای مثال، در نوآوری ثبت شده با شماره CN 201010510238 در سال ۲۰۱۲، اسپری ضد قارچ حاوی نانو ذرات نقره، موادافزودنی، هیدروژن پراکسید و آب مقطر برای جلوگیری سریع از رشد قارچ روی کف‌پوش‌ها و مبلمان تهیه شد. در این اسپری، نانو نقره توسط پراکسید هیدروژن اکسید می‌شود در نتیجه خواص ضد قارچ و استرلیزه کردن به وجودمی‌آورد [۲۱].

۳-۲-٤ تکمیل دافع آب، لکه و خودتمیزشونده

تکمیل‌هـای دفع‌کننـده آب و لکه‌هـای خشـک و روغنـی، در منسـوجات مختلـف از قبیـل پوشـاک،کفپوش‌های خانگـی و صنعتـی دارای اهمیـت هسـتند. بـا به‌کارگیـری فنـاوری نانـو در عملیـات تولیـد یـا تکمیـل منسـوج، قطـرات مایـع (اعـم از آب، روغـن) بـر سـطح ایـن منسـوجات بـه صـورت قطـره باقـی مانـده و پخـش نمی‌شـوند (شـکل ۵). ایـن خاصیـت بـا اسـتفاده از انـواع نانـو ذراتـی از قبیـل دی‌اکسـید تیتانیـوم، لایـه سیلوکسـان، نانولوله‌هـای کربـن و غیـره قابـل ایجـاد اسـت.

موکت فرش

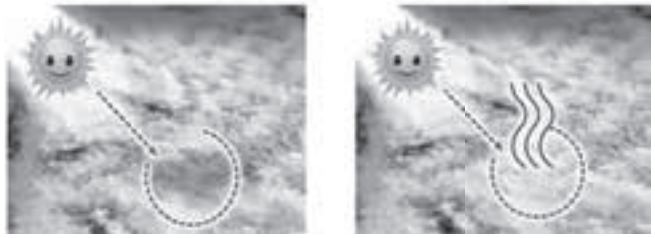


شکل ۵. نمونه‌ای از فرش و موکت دافع آب/روغن با استفاده از نانو مواد

شـرکت سوئیسـی Ceracoat Ceramic بـا اسـتفاده از نانـو ذرات سـرامیکی و ایجـاد پوشـش سـرامیکی موفـق بـه تولیـد مـواد ضـد آتـش و ضـد آب شـده اسـت. همچنیـن محصـول ایـن شـرکت بـا نـام Ceracoat textile care مـاده‌ای ضـد آب اسـت کـه پـس از عمـل نمـودن منسـوج بـا ایـن مـاده، خـواص ضـد آب تـا ۴۵ چرخـه‌ی شستشـویی پایـدار اسـت [۱۸].

شـرکتNANO4LIFE EUROPE نانـوذرات دی اکسـید سیلسـیوم (SiO_2) تولیـد شـده بـه روش سُـل-ژل را بـه دو حالت مناسـب بـرای اسـتفاده صنعتی و خانگـی ارائـه می‌کنـد. نانـوذرات مذکـور بـرای سـطوح مختلـف از جملـه منسـوجات تولیـد می‌شـوند و سـبب تسـهیل پاک‌سـازی منسـوجات و ایجـاد خاصیـت دافـع آب و روغـن بـر منسـوجات می‌شـود. نتایـج حاصـل نشـان می‌دهـد اسـپری کـردن ایـن محصـول بـر روی منسـوجات بـه صـورت خانگـی و صنعتـی بـه ترتیـب منجـر بـه ایجـاد زاویـه تمـاس ۱۱۲ و ۱۱۷ درجـه‌ای قطـره آب بـا سـطح می‌شـود کـه نشـان از ایجـاد خاصیـت دافـع آب مناسـب بـر ایـن سـطوح می‌باشـد.

شـرکت Atlas Hali ترکیـه بـا بهره‌گیـری از فناوری‌نانـو و بـا اسـتفاده از نانـوذرات فوتوکاتالیسـت نظیـر دی اکسـید تیتانیـوم، موفـق بـه تولیـد کف‌پوش‌هـای خودتمیزشـونده شـده اسـت. لکه‌هـا بـه جـا مانـده بـر روی الیـاف سـازنده کف‌پـوش، در معـرض نورخورشـید و در اثـر خاصیـت فوتوکاتالیسـتی ایـن مـاده نانوسـاختار تجزیـه شـده و برطـرف می‌شـوند. اسـتفاده از ایـن تکمیـل بـه ویـژه بـر روی موکت‌هـای تافتینـگ بـا رنـگ روشـن و متشـکل از الیـاف اکریلیـک و پلی‌اسـتر پیشـنهاد شـده اسـت [۲۴].



شکل ٦. از بین رفتن لکه‌های ایجاد شده بر کف‌پوش منسوج در اثر تابش نورخورشید مانع ایجاد بوی نامطبوع در کف‌پوش می‌شود

در سـال ۲۰۰۵، محققـان چینـی روشـی نویـن بـرای تولیـد کف‌پـوش خودتمیزشـونده بـا شـماره CN1687506 A بـه ثبت رسـاندند. در ایـن روش، فـرش بـا محلولـی حـاوی نانـوذرات دی‌اکسـید تیتانیـوم در دمـای ۳۰ درجـه سـانتیگراد و در نسـبت وزنـی فـرش ۱ بـه ۱۰ عمـل شـد. وزن نانـوذرات بـه کار رفتـه در ایـن روش، ۱ تـا ۲/۵٪ وزنـی فـرش بـا ابعـاد ۲۰-۴۰ نانومتـر اسـت [۲۰].

۳-۲-۵ تکمیل کندسوز

از نانوسـاختارهایی نظیـر نانولولـه کربـن و یـا نانـوذرات سـیلیس می‌تـوان در مرحلـه تولیـد مسـتربچ الیـاف مصنوعـی اسـتفاده نمـود و بـه ایـن ترتیـب الیـاف مصنوعـی نظیـر نایلـون، پلی‌اسـتر، پلی‌پروپیلـن و اکریلیـک بـا قابلیت کندسـوزی تولیـد نمـود. از سـوی دیگـر می‌تـوان از سوسپانسـیون ایـن نانـو ذرات در مرحلـه تکمیـل کف‌پوش‌هـای تولیـد شـده از الیـاف طبیعـی یـا مصنوعـی بـه روش افشـانه اسـتفاده نمـود. اختـلاط نانـوذرات یـاد شـده بـا رزیـن پوشـش دهنـده پشـت کف‌پوش‌هایـی نظیـر موکـت یـا فرش‌هـای ماشـینی منجـر بـه ایجـاد خاصیـت کندسـوزی در ایـن منسـوجات می‌شـود. شـرکت Nyacol دیسپرسـیون‌های کلوئیـدی و پودرهایـی متشـکل از نانـوذرات پنتاکسـید آنتیمونـی (APO) بـا ابعـاد حـدود ۵ نانومتـر تولیـد نموده اسـت. ایـن شـرکت محصـولات خـود را بـا نام‌هـای تجـاری Nycol (دیسپرسـیون پایـه آب)، BurnEX (پـودر پنتاکسـید آنتیمونـی بـرای مصـرف در پلیمرهـا و محیط‌هـای حـلال) و NYAGRAPH و NYACHAR ارائـه می‌نمایـد.

شـرکت سوئیسـیCeracoat Ceramic بـا اسـتفاده از نانـو ذرات سـرامیکی و ایجـاد پوشـش سـرامیکی موفـق بـه تولیـد مـواد ضـد آتـش و ضـد آب شـده اسـت. مـاده ضـد آتـش بـا نـام تجـاری CERACOATTM،مـاده‌ای غیرسـمی، باکارایـی بـالا، محلـول درآب، بی‌رنـگ و بـدون بـو اسـت کـه بـا اسـپری کـردن آن روی منسـوجات نظیـر مبلمـان وکف‌پوش‌هـا، لایـه‌ای نانوسـرامیکی ایجـاد می‌کنـد کـه در برابـر آتـش مقـاوم می‌باشـد [۱۸].

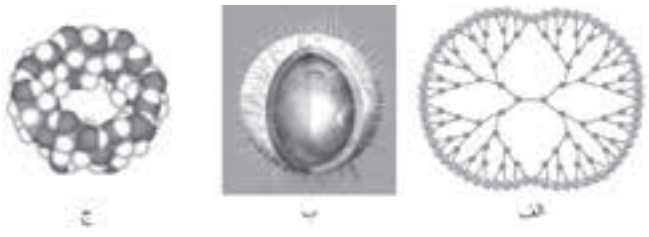
شـرکت تولیـدی نیمبافـت، تولیدکننـده فـرش ماهـور دو فـرش ضـد آب و ضدآتـش بـا اسـتفاده از فنـاوری نانـو تولیـد کـرده اسـت کـه درنمایشـگاه بین‌المللـی کف‌پوش‌هـا، موکـت، فـرش ماشـینی و صنایـع وابسـته در سـال ۱۳۹۴ ارائـه شـد [۲۳].

۳-۲-۶ تکمیل ضد الکتریسیته ساکن

به منظور ممانعت از ایجاد الکتریسیته ساکن در کف‌پوش‌های منسوج، الیاف مصنوعی و پشم باید با مواد افزودنی آنتی‌استاتیک تکمیل شده و یا از سیم‌های فلزی یا الیاف کربن در ساختار کف‌پوش استفاده شود. به طور کلی مواد تکمیلی آنتی‌استاتیک که روی الیاف اعمال می‌شوند با افزایش رسانایی سطح لیف و یا کاهش اصطکاک میان الیاف، مانع ایجاد الکتریسیته ساکن می‌شوند. استفاده از نانوذرات کربن در مرحله تولید الیاف و یا استفاده از دیسپرسیون این ذرات به عنوان ماده تکمیلی بر روی الیاف می‌تواند با افزایش میزان رسانش و امکان انتقال الکترون، سبب کاهش میزان الکتریسیته ساکن بر روی الیاف کف‌پوش‌های منسوج شوند. استفاده از نانوذرات فلزی نظیر نقره، مس، روی و نیکل علاوه بر کاهش میزان الکتریسیته ساکن در الیاف منجر به ایجاد خواص دیگری از جمله ضد میکروب و ضد پرتو فرابنفش نیز خواهد شد. در مورد کف‌پوش‌های اکریلیکی، پوشش نانو ذراتی نظیر نقره، تیتانیوم و روی بر سطح الیاف موجب ایجاد خواص ضد میکروبی، آنتی استاتیک،محافظت دربرابرپرتوفرابنفش،دافع آب وکندسوزی می‌شود. از افشانه‌های خانگی حاوی نانوذرات نیز می‌توان برای کاهش میزان الکتریسیته ساکن کف‌پوش‌ها استفاده کرد. شرکت Nanex بلژیک افشانه‌ای حاوی نانوذرات برای کاربرد خانگی ارائه نموده است.

۳-۲-۷ تکمیل معطر

کف‌پوش‌های معطر با استفاده از نانوحامل‌هایی نظیر سیکلودکسترین (مولکول‌های حلقوی)، پلیمرهای درخت‌سان و یا انواع نانوکپسول‌های پلیمری قابل تولید می‌باشند.



شکل ۷. نانوحامل‌هایی برای مواد معطر ، پلیمر درخت‌سان (الف)، نانوکپسول (ب) و سیکلودکسترین (ج)

ماده معطر درون حفره میانی مواد مذکور قرار گرفته و بر اثر فشار ناشی از راه رفتن بر روی فرش رها شده و رایحه مورد نظر را در محیط آزاد می‌کند. استفاده از نانوذرات خاکستر بامبو در مرحله تولید الیاف کف‌پوش نظیر نایلون، پلی‌پروپیلن و پلی‌استر نیز می‌تواند علاوه بر حبس مولکول‌های ایجاد کننده بو در منافذ نانومتری موجود در خاکستر بامبو، سبب افزایش خاصیت عایق حرارتی این الیاف شده و گرمی بیشتری در محیط ایجاد نماید. شرکت Beaulieu Group، LLC فرش معطری با نام تجاری Magic fresh® به بازار ارائه کرده است.

۳-۲-۸ تکمیل ضد پرتو فرابنفش

اغلب منسوجات و به ویژه کف‌پوش‌هایی که در معرض تابش نورخورشید قرار می‌گیرند در بلند مدت دچار رنگ‌پریدگی و کاهش استحکام می‌شوند.

شکل ۸. نمایی از رنگ‌پریدگی ایجاد شده در یک موکت در اثر تابش نور خورشید

نانوذرات اکسید فلزی نظیر اکسید روی به عنوان ماده محافظ در برابر پرتو فرابنفش در مقایسه با مواد محافظ آلی بسیارپایدارترند. این مواد به دلیل افزایش مساحت سطح و جذب پرتوها در ناحیه فرابنفش، از منسوجات در برابر این پرتو محافظت می‌نمایند. نانوذرات اکسیدروی نسبت به نانوذرات نقره در تکمیل ضد میکروبی نیز مقرون به صرفه‌ترند وخواص محافظت در برابر پرتوفرابنفش بهتری ایجاد می‌کنند. این تکمیل برای الیاف پلی-پروپیلن مصرفی درفرش می‌تواند حائز اهمیت باشد[۱۷].

۳-۳ بهبود رنگ‌پذیری الیاف با استفاده از فناوری‌نانو

با کمک فناوری نانو می‌توان سطح الیاف طبیعی نظیر پشم، ابریشم، پنبه و جوت را به گونه‌ای تغییر داد که سبب افزایش قدرت رنگی و ثبات رنگی الیاف شود. فناوری نانو همچنین از پتانسیل بالایی برای بهبود خواص رنگی و فیزیکی الیاف مصنوعی برخوردار است. نانو موادی نظیردرخت‌سان‌ها، سیکلودکسترین‌ها، رس، کیتوسان و ذرات فلزی در این زمینه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

سیکلودکسترین‌ها برای اصلاح سطحی پارچه‌های پنبه‌ای،پلی‌استری، پشمی، پلی‌پروپیلنی و غیره به منظور افزایش جذب رنگزا توسط پارچه و بهبودثبات شستشویی استفاده شده‌اند. بهبودثبات سایشی منسوجات رنگ‌شده با این مواد نیزدر برخی موارد گزارش‌شده است[۵-۷].

پلی‌پروپیلن‌ایمینوپلی‌آمیدوآمیندو از جمله پلیمرهای درخت‌سان پرکاربرد با گروه انتهایی آمین است. وجود گروه‌های انتهایی زیاد باعث شده تا این مواد کاربرد زیادی در اصلاح منسوجات نایلونی داشته باشند. از سوی دیگر استفاده از این مواد در منسوجات پنبه‌ای، پشمی و غیره علاوه بر بهبود رنگرزی، خواص ضد میکروبی منحصربه‌فردی نیز به همراه دارد [۸، ۹]. این مواد با اندازه مولکولی کوچک، به‌راحتی درون

لیـف نفـوذ می‌کننـد و رمق‌کشـی وتثبیـت رنگ‌هـای راکتیـو روی الیـاف اصـلاح یافتـه را بهبـود می‌بخشـند[۹].
محققـان نشـان داده‌انـد کـه عمـل کـردن پارچـه پشمی،ابریشـمی و پنبـه‌ای بـا نانـو ذرات نقـره عـلاوه بـر خـواص ضـد میکروبـی، اسـتحکام کششـی و عمـق رنگـی ایـن پارچه‌هـا را نیزبهبـود می‌بخشـد[۱۰].

۳-۴- بهبود آهار نخ تار ریسندگی

فنـاوری نانـو فرصتـی جدیـد بـرای بررسـی و ایجـاد ویژگی‌هـای منحصـر بـه فـرد در موادافزودنـی شـیمیایی نـخ تـار ایجـاد می‌کنـد. انـدازه کوچـک و مسـاحت سـطحی بـالای ایـن مـواد در نـخ موجـب تغییرخـواص نـخ می‌شـود. تلاش‌هـای صـورت گرفتـه بـرای بهبودخـواص نـخ بـا آهارهـای تجـاری متـداول هنـوز موفقیت‌هـای پایـداری را ایجـاد نکـرده اسـت. افـزودن نانومـواد بـه مـواد آهـار سـبب نفـوذ نانـوذرات درون دسـته الیـاف و بهبودچسـبندگی لیـف و عملکـرد بافندگـی می‌شـود [۲۵]. افـزودن نانـوذرات SiO2 بـه آهـار نشاسـته موجـب افزایـش چسـبندگی آهـار بـه الیـاف پنبـه و پلی‌اسـتر می‌شـود. در پژوهشـی مقـدار بهینـه نانـوذرات افـزوده شـده بـرای بهبـود چسـبندگی حـدود ۰-۱- ۵٪ عنوان شـده اسـت [۲۶]. در نـوآوری ثبت شـده در سـال ۲۰۰۹ بـه شـماره CN101545204 A از نانـو مـواد در آهـار نشاسـته اسـتفاده شـد. در ایـن نـوآوری، از نانو سـل سـیلیکا، آلومینـا و تیتانیوم بـا انـدازه ذرات ۱-۳۰۰ نانومتـر در نسـبت وزنـی ۱-۳۰٪ آهار نشاسـته اسـتفاده شـد.نمونه‌ای از آهـار نـخ تـار پلی‌اسـتر پیشـنهاد شـده در ایـن نـوآوری عبارت اسـت از نانـو سـیلیکا ۱/۱٪، نانـو تیتانیـوم ۱/۴ ٪، نانـو آلومینـا ۱٪، واکـس ۲٪، رزیـن پلی‌اسـترمایع ۱۵٪، پلی‌وینیـل الـکل ۳۰٪ و نشاسـته اصـلاح شـده ۴۹/۵٪ [۲۷].
شـرکت Zydex® مـواد آهـاری ویـژه‌ای را حـاوی نانـوذرات روانـه بـازار کـرده اسـت. بـرای مثـال، محصـول R3000NAJ F رزیـن پلی‌اسـتر بـا وزن مولکولـی بـالا حـاوی نانـوذرات اسـت کـه بـرای آهارزنـی نـخ پلی‌اسـتر چندفیلامنتـی بسـیار ظریـف تولیـد شـده اسـت. ایـن رزیـن بـرای بافندگـی فیلامنت‌هـای ظریـف درماشـین‌های جـت هـوا و پروژکتایـل مناسـب اسـت [۲۸].

٤- جمع‌بندی

ارتقـاء خـواص کف‌پوش‌هـای نسـاجی و ایجـاد ویژگی‌هـای نویـن نظیـر ضـد آب و لکـه، ضـد بـو، خودتمیزشـوندگی، ضـد میکـروب و کندسـوزی از جملـه اهـداف جدیـد صنایـع تولیـد کف‌پـوش در جـذب مشـتری و مانـدگاری در بازارهـای داخلـی و جهانـی اسـت. در ایـن زمینـه فناوری‌نانـو بـا قابلیـت ایجـاد خصوصیـات ذکـر شـده درکف‌پوش‌هـا از اهمیـت ویـژه‌ای برخوردارمی‌باشـد. بـا اسـتفاده از فنـاوری نانـو می‌تـوان خـواص کف‌پوش‌هـای نسـاجی را در هـر یـک از مراحـل زنجیـره تولیـد آنهـا از قبیـل تولیـد الیـاف، ریسـندگی، رنگـرزی و تکمیـل تحـت تأثیـر قـرار داد.

۵- منابع و مأخذ

[۱] کاظمـی. شـاهین،ارزیابی آینـده بـازار جهانـی فـرش و کف‌پوش‌ها،مجلـه کهن،شـماره ۱۹، ۱۳۹۲.
[2] K. K. Goswami. (2009). Advanced in carpet manufacture.
[3] Avaliable from: http://www.centexbel.be/files/PDF_files/patentalert2010-08-floorcovering.pdf.
[4] etal., "Nanoselenium containing fire resistant polypropylene fiber and application thereof," 2010.
[5] L. Balogh, et al., "Dendrimer-silver complexes and nanocomposites as antimicrobial agents.," Nano Letters vol. 1, pp. 18-21, 2001.
[6] Y. El-Ghoul, et al., "Improved dyeability of polypropylene fabrics finished with beta cyclodextrin-citric acid polymer," polymer Journal, vol. 42, pp. 804-811, 2010.
[7] B. Voncian, et al., "beta cyclodecxtrin as retarding reagent in polyacrylonitrile dyeing," Dyes and Pigments, vol. 74, pp. 642- 646, 2007.
[8] S. M. Burkinshaw, et al., "The use of dendrimers to modify the dyeing behaviour of reactive dyes on cotton," Dyes and Pigments, vol. 47, pp. 259-267, 2000.
[9] A. A. Zolriasatein, et al., "The application of poly(amidoamine) dendrimers for modification of jute yarns: preparation and dyeing properties," Journal of Saudi Chemical Society, vol. 19, pp. 155- 162, 2015.
[10] S. Shahidi, et al., "Surface modification methods for improving the dyeability of textile fabrics," ed: INTECH, 2013, pp. 35-40.
[11] R. Perumalraj, "Effect of silver nanoparticles on wool fiber," International Scholarly Research Network, pp. 1-4, 2012.
[12] http://sekisuinct.co.jp/masa/en/index.html, .
[13] M. Taheri, et al., "Effect of zirconium dioxide nanoparticles as a mordant on properties of wool with thyme: dyeing, flammability and antibacterial," Oriental Journal of Chemistry, vol. 31, pp. 85- 96, 2015.
[14] A. Nazari, et al., "Nano tio2 as a new tool for mothproofing of wool: protection ofwool against anthrenus verbasci," Industrial & Engineering Chemistry Research, vol. 52, pp. 1365- 1371, 2013.
[15] A. Nazari, et al., "Mothproofing of wool fabric utilizing ZnO nanoparticles optimized by statistical models," Journal of Industrial and Engineering Chemistry, vol. 20, pp. 4207- 4214, 2014.
[16] http://www.microban.com/what-we-do/by-product/categories/carpet
[17] S. Parthiban, "Self cleaning garments," www. fiber2fashion.com.
[18] Avaliable from: https://www.ceracoatunlimited.com/products.php.
[19]"Autibiotic mildew-proof carpet," 2001.
[20] "Collating technique for nano self cleaning carpet," 2005.
[21] "Nanometer silver anti-mildew spray," 2012.
[22] K. M. Shojaei, et al., "The stabilization of nano silver on polyester filament for a machine made carpet," Material in Technology vol. 49, pp. 461-165, 2015.
[23] Avaliable from: http://www.isna.ir.
[24] Avaliable from: http://www.atlashali.com.tr/index.html.
[25] J. Lark, G, "Warp sizing: taking advantage of a necessary process," presented at the ITMA 2015, Milano, 2015.
[26] Z. Zhu and Z. Xiong, "Effect of starch/sio2 nanoparticle blends on the adhesion of starch to fibers for warp sizing," AATCC Review, vol. 8, pp. 45-48, 2008.
[27] "Size for spinning warp sizing," China Patent CN101545204 A, 2009.
[28] Avaliable from: http://edu.nano.ir/index.php?actn=papers_view &id = 377,.