کاربرد فناوری نانو در تولید منسوجات خودتمیزشونده

چکیده

افزایش تقاضای عمومی برای منسوجات بهداشتی و عاری از آلودگی سبب تسریع در روند پژوهش و تولید منسوجات محافظ و خودتمیزشونده شده است. با توجه به افزایش جمعیت جهان، مقاوم شدن عوامل بیماری‌زا به آنتی‌بیوتیک‌های موجود به یک نگرانی جهانی تبدیل شده است. باقی‌ماندن میکروارگانیزم‌ها و عوامل آلاینده بر سطوح مختلف از جمله منسوجات، سبب انتقال آنها به افراد یا نقاط دیگر خواهد شد. تحقیقات نشان داده است که امکان بقای برخی باکتری‌های بیماری‌زا بر سطوح پلیمری و منسوجات تا بیش از ۹۰ روز وجود دارد. در این راستا، به کارگیری سطوح خودتمیزشونده، نه تنها افراد را از معرض ابتلا به بیماری‌های مختلف مصون نگه می‌دارد؛ بلکه مانع ایجاد بوی نامطبوع، لکه و تخریب سطوح می‌شود. استفاده از فناوری‌نانو رویای داشتن منسوجات و پوشاک عاری از آلودگی را در مواردی از جمله پوشاک ورزشی، نظامی و منسوجات خانگی محقق ساخته است. استفاده از فناوری تولید منسوجات و سطوح خودتمیزشونده، به دلیل کاهش میزان مصرف آب، انرژی و شوینده‌های دارای بنیان نفتی از نظر حفظ محیط زیست نیز مورد توجه قرار دارد.

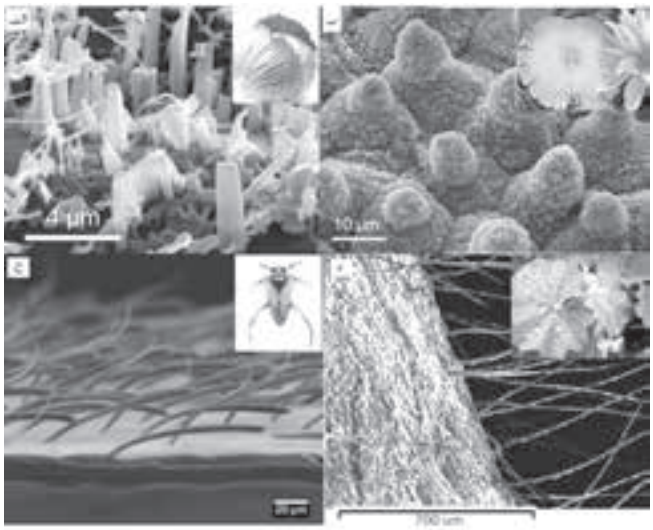
مقدمه

منسوجات کارا دسته‌ای از منسوجات هستند که علاوه بر دارا بودن خصوصیات ذاتی منسوج، از ویژگی‌های ارزشمند دیگری نظیر خود تمیز شوندگی، ضد میکروب، ضد آب و لکه ، ضد آتش و ... بهره‌مند می‌باشند. در این میان بازار تولید منسوجات خودتمیزشونده به سرعت در حال رشد است. به‌طور خلاصه دو رویکرد متفاوت برای ایجاد منسوجات خودتمیزشونده وجود دارد.

شکل ۱. تقسیم بندی سطوح خود تمیزشونده

۱- کاربرد فناوری نانو در تولید منسوجات خودتمیزشونده‌ی ابَر آب‌گریز

این خاصیت با اصلاح شیمیایی و هندسی سطح منسوجات حاصل می‌شود. ایجاد ناهمواری‌های نانو و میکرومتری با استفاده از یک پوشش آب‌گریز سبب می‌شود، آلودگی‌های سطح منسوج به راحتی در حضور آب از روی منسوج آب‌گریز غلطیده و جدا شود و به این ترتیب سطح منسوج تمیز باقی بماند. ایده ایجاد چنین محصولی از ساختار طبیعی برگ نیلوفر آبی الهام گرفته شده است.

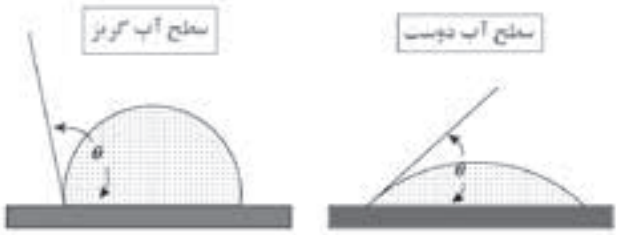


شکل ۲ برخی از نمونه‌های سطوح خودتمیزشونده طبیعی. الف)برگ گیاه کلم، ب) برگ نیلوفرآبی، ج) موی بدن حشره آب‌خستر و د) برگ گیاه پای شیر

سهولت حرکت قطرات آب بر روی سطح از جمله مکانیزم‌های شناخته شده برای خاصیت خودتمیزشوندگی در نمونه‌های طبیعی یاد شده (شکل ۲) می‌باشد. قطره آب به دلیل زاویه تماس زیاد بر روی این سطوح به راحتی با حرکت دادن خواهد لغزید. این نوع حرکت به قطره آب امکان جارو کردن ذرات آلاینده و اضافی موجود بر سطح را می‌دهد.

اندازه‌گیری میزان ترشوندگی سطوح

معمولاً میزان ترشوندگی سطوح با اندازه‌گیری زاویه تماس پایا یک قطره آب در تماس با سطح ارزیابی می‌شود. همان‌گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، زاویه میان سطح و انحنای قطره که در تماس با سطح قرار دارد، به عنوان زاویه تماس (CA) در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۳- اندازه‌گیری زاویه تماس پایا در سطوح آب دوست و آب گریز

بـر ایـن اسـاس، زاویـه تمـاس بیـش از ۹۰ درجـه بیانگـر آب‌گریـز بـودن، زاویـه تمـاس کمتـر از ۳۰ درجـه بیانگـر آب-دوسـت بـودن و زاویـه کمتـر از ۵ درجـه بیانگـر اَبَـر آب دوسـت بـودن و زاویـه بیـش از ۱۵۰ درجـه بیانگـر ابر آب‌گریـز بـودن سـطح می‌باشـد.

روش‌های تولید منسوجات اَبَر آب‌گریز

از آنجایـی کـه خاصیـت آب‌گریـزی و مـیزان ناهمـواری سـطح در ارتبـاط مسـتقیم بـا یکدیـگر هسـتند. بنابرایـن ایجـاد ناهمواری‌هـای نانومقیـاس با اسـتفاده از قـراردادن نانـوذرات بـا انـدازه یکنواخـت روی سـطح امکان‌پذیـر می‌باشـد.

استفاده از نمک‌های فلزی

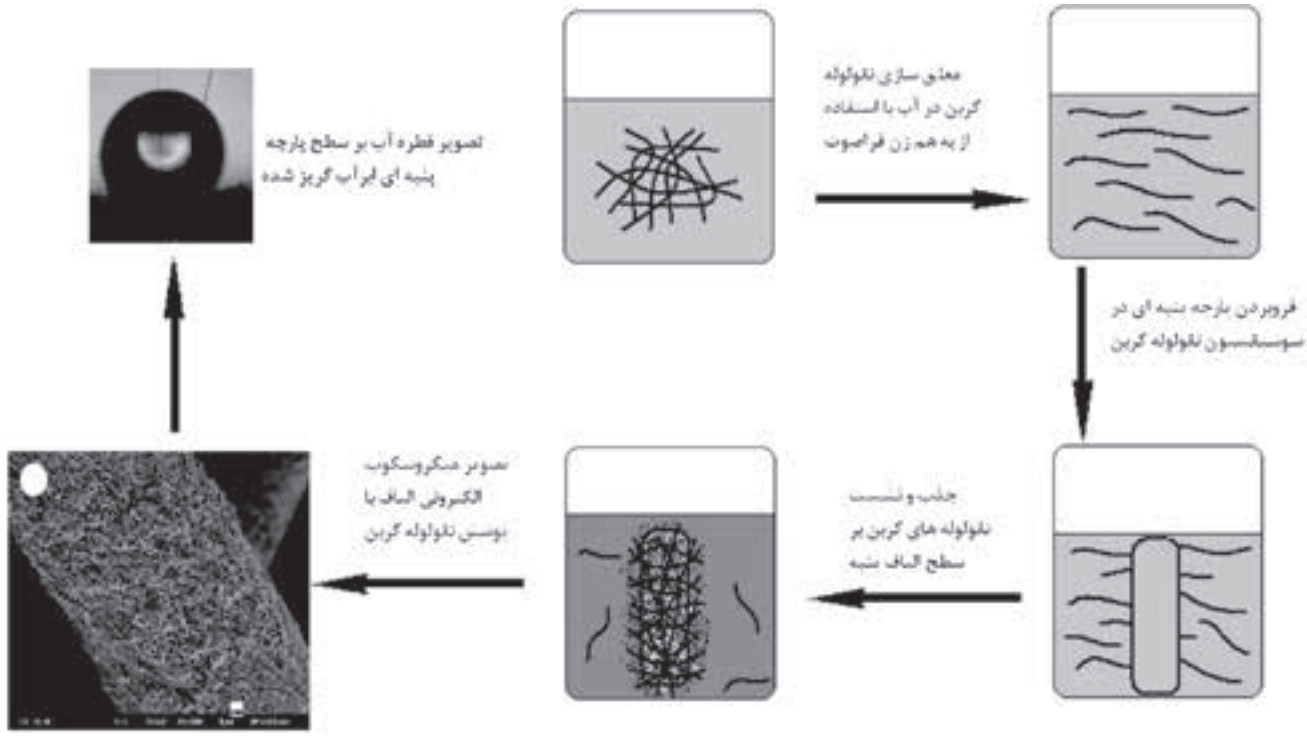
از نانـوذرات فلـزی می‌تـوان بـرای ایجـاد ناهمواری‌هـای نانومقیـاس بـر سـطح منسـوجات اسـتفاده کـرد. اسـتفاده از نانـوذرات فلـزی عـلاوه بـر ایجاد خاصیـت خودتمیزشـوندگی سـبب بـروز خـواص دیگـری از جملـه خاصیـت ضـد میکـروب و رسـانش الکتریکـی می‌شـود. اسـتفاده از روش گرمابـی از جملـه روش‌هـای تکمیـل پارچـه پنبـه‌ای بـا اسـتفاده از نانوکریسـتال‌های اکسـید روی بـه شـمار مـی‌رود. در ایـن روش پـس از قـراردادن نانومیله‌هـای ZnO بـرای ایجـاد زبـری نانومقیـاس بـر سـطح پارچـه، از پوشـش دودسـیل تری‌متوکسی‌سـیلان بـه منظـور ایجـاد خاصیـت آب-گریـزی بـر سـطح اسـتفاده می‌شـود[۱]. اسـتفاده از نانـوذرات نقـره بـرای ایجـاد ناهمواری سـطح عـلاوه بـر خاصیـت خودتمیزشـوندگی سـبب ایجـاد خاصیـت ضـد میکروبـی سـطح نیـز می‌شـود. بـه ایـن منظـور می‌تـوان از تکمیـل پارچـه پنبـه‌ای بـا اسـتفاده از نیتـرات نقره و هیدروکسـید پتاسـیم و سـپس آب‌گریزکردن سـطح بـا اسـتفاده از اُکتیـل تـری اتوکسـی سـیلان اسـتفاده کـرد[۲].

استفاده از نانولوله‌های کربنی

عـلاوه بـر نانـوذرات فلـزی از نانولوله‌هـای کربـن (CNTs) نیـز می‌تـوان بـرای ایجـاد ناهمواری‌هـای نانومقیـاس بـر سـطح منسـوجات بهـره بـرد. بـا قـراردادن منسـوج پنبـه‌ای در سوسپانسـیون نانولولـه کربـن می‌تـوان سـاختاری ناهمـوار بـر سـطح پنبـه ایجـاد کـرد[۴].

استفاده از ترکیبات سیلانی

اسـتفاده از فراینـد سُـل-ژل بـه منظـور تکمیـل منسوجـات بـا ترکیبـات سـیلانی روش دیـگری بـرای ایجـاد سـطوح اَبَرآب‌گریـز می‌باشـد. چنانچـه از ذرات سـیلیکا بـر روی پارچـه پنبـه‌ای آمیـن دار شـده اسـتفاده شـود، گروه‌هـای آمیـن بـا پلـی دی‌متیـل سیلوکسـان دارای یـک عامـل اپوکسـی واکنـش می‌دهـد. در ایـن تکمیـل علی‌رغـم ایجـاد سـطح اَبَرآب-گریـز،



شکل ٤- طرح‌واره فرایند ابرآب‌گریز کردن پارچه پنبه‌ای با استفاده نانولوله‌های کربن

به دلیل حضور ذرات با ابعاد یک میکرون بر سطح پارچه، نرمی و انعطاف‌پذیری پنبه دستخوش آسیب نمی‌شود[۵].

اصلاح سطح با استفاده از پلاسما

پلاسما حالت چهارم ماده و متشکل از مخلوطی از یون‌ها، رادیکال‌های آزاد و ذرات تهییج شده است که به دو گروه اصلی پلاسمای حرارتی و سرد تقسیم‌بندی می‌شود. به دلیل انرژی بالا در پلاسمای حرارتی، این روش فقط برای مواد معدنی پایدار نظیر فلزات و اکسیدهای فلزی استفاده می‌شود. پلاسمای سرد به دلیل دمای پایین‌تر برای سطوح حساس‌تر نظیر پلیمرها منسوجات پیشنهاد می‌شود. تغییرات ایجاد شده در سطح در اثر افزوده و یا جدا شدن ذرات از سطح صورت می‌گیرد. از پلاسما برای ایجاد خراش سطحی، فعال‌سازی، پیونددهی ماده ثانویه به سطح و پلیمریزاسیون روی سطح استفاده می‌شود که ایجاد خراش سطحی یا نشاندن نانوذرات برای ایجاد ناهمواری سطحی برای تولید منسوجات خودتمیزشونده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش رسوب‌گذاری بخار شیمیایی تقویت شده با پلاسما (PECVD) روشی مناسب برای ایجاد پوشش نانومتری بر سطح منسوجات می‌باشد. برای مثال روش CVD برای پوشش‌دهی نانومقیاس سطح پارچه پنبه‌ای با سیلیکون و در پی آن ایجاد یک لایه فلوروکربنی با استفاده از روش پلاسما بر سطح پارچه مذکور، سبب ایجاد پارچه پنبه‌ای آب‌گریز می‌شود. همچنین گزارش شده رسوب‌نشانی فیلم نازکی از تفلون با استفاده از روش لیزر پالسی سبب ایجاد ناهواری‌های نانومتری بر سطح سلولز و آب‌گریز شدن سطح پنبه می‌شود[۷].

روش خودآرایی لایه لایه

در این روش هر لایه برسطح قبلی که از بار مخالف برخوردار است قرار داده می‌شود. برخلاف روش‌های دیگر پوشش‌دهی نظیر غوطه‌وری یا پَد کردن، در این روش کنترل ضخامت لایه بر منسوج با تغییر تعداد لایه‌های ایجاد شده امکان‌پذیر است. به منظور ابَرآب‌گریز کردن منسوج پنبه‌ای از لایه نشانی متوالی پلی‌الکترولیت و نانوذرات سیلیکا و در پی آن عملیات فلوروآلکیل سیلانی استفاده می‌شود. با رسوب‌نشانی سه لایه، زاویه تماس بیش از ۱۵۰ درجه حاصل می‌شود و با افزایش تعداد لایه‌ها این زاویه افزایش می‌یابد. تکمیل انجام شده تا ۳۰ بار شستشوی ماشینی پایدار خواهد ماند[۸].

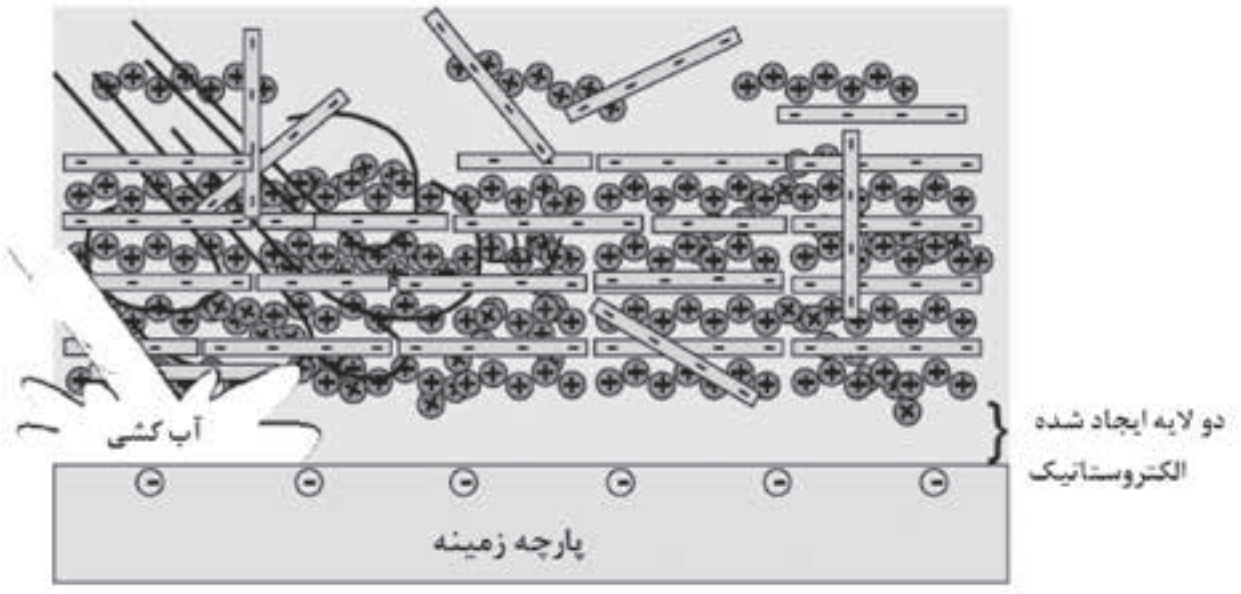
روش‌های تولید منسوجات خودتمیزشونده با خاصیت فوتوکاتالیستی

دانشمندان با الهام از خاصیت فوتوسنتز در گیاهان، موفق به کشف پدیده الکترولیز آب در اثر تابش نور شدند. آنها دریافتند که واکنش‌های نوری-شیمیایی در محلول الکترولیت آبی حاوی دی‌اکسید تیتانیوم (اَنُد) و پلاتینیوم (کاتد) در اثر تابش پرتوفرابنفش، می‌تواند منجر به تجزیه آب به اکسیژن و هیدروژن شود. همین امر سبب معرفی مواد فوتوکاتالیست دوست‌دار محیط زیست به عنوان عواملی برای ایجاد تجزیه آلودگی در اثر تابش نور خورشید شد[۹].

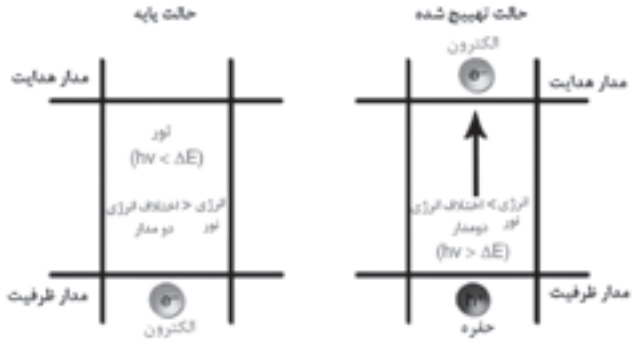
سازوکار ترکیبات فوتوکاتالیست

ماده فوتوکاتالیست، ماده‌ای حساس به نور است که در اثر دریافت انرژی نور خاصیت اکسیداسیون قدرتمندی از خود بروز می‌دهد. مبنای سازوکار مواد فوتوکاتالیست بر تهییج شدن و انتقال الکترون‌های مدار ظرفیت به مدار هدایت در اثر جذب انرژی معادل یا بیش از اختلاف انرژی این دو مدار استوار است(شکل ۶).

ترکیباتی نظیر $SrTiO_3$، SnO_2 ، ZrO_2، ZnO، ZnS،CdSe، CdTe،WO_3 و Fe_2O_3 به دلیل اختلاف انرژی کم میان مدار ظرفیت و هدایت و

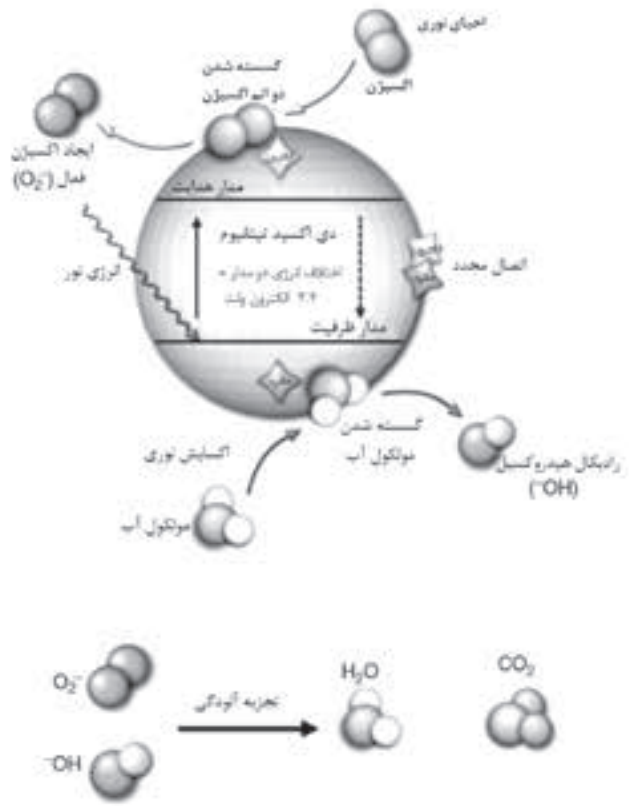


شکل ۵- طرحواره پوشش‌دهی منسوجات به روش خودآرایی لایه لایه

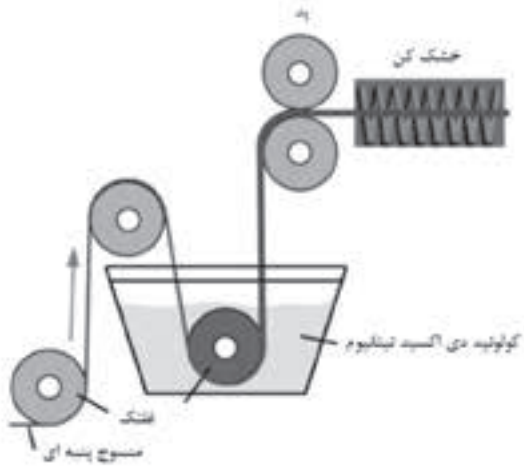


شکل ٦. طرح‌واره فرایند تهییج نوری ماده فوتوکاتالیست

قابلیت جذب نور به عنوان مواد فوتوکاتالیست شناخته شده‌اند. با این وجود در میان آنها دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) به دلیل مزیت‌های متعدد نسبت به سایر موادفوتوکاتالیست، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد[۱۰]. دی‌اکسید تیتانیوم از قابلیت اکسایش قوی و پایداری شیمیایی مطلوبی در اثر تابش نورخورشید برخوردار است. از نظر اقتصادی، تیتانیوم یکی از عناصر فراوان در زمین محسوب می‌شود که سهولت و فراوانی دسترسی به این ماده موجب پایین بودن بهای این ماده ارزشمند شده است. دی‌اکسیدتیتانویم غیرسمی است و به عنوان رنگدانه در محصولات آرایشی، رنگ‌ها و حتی مواد افزودنی خوراکی استفاده می‌شود. دی‌اکسیدتیتانیوم که با عنوان اکسید تیتانیوم چهار ظرفیتی یا تیتانیا نیز شناخته می‌شود، به سه حالت کریستالی آناتاز ، روتایل و



شکل ۷. طرح‌واره تجزیه عوامل آلودگی دراثر تابش نور و خاصیت فوتوکاتالیستی TiO_2



شکل ۸. فرایند تکمیل خودتمیزشونده پارچه پنبه ای

بروکیت وجود دارد که در این میان نوع آناتاز از فعالیت فوتوکاتالیستی بیشتری برخوردار است(شکل ۷).

تکمیل خودتمیزشونده منسوجات سلولزی

تکمیل خودتمیزشونده پارچه پنبه‌ای نخستین بار با استفاده از کلوئید دی‌اکسید تیتانیوم آناتاز با روش پد-خشک-پخت انجام شد. از آنجایی که دی‌اکسید تیتانیوم از قابلیت جذب پرتوفرابنفش برخوردار است، لذا پایداری نوری و محافظت از منسوج تکمیل شده از مقابله با پرتو فرابنفش بسیار حائز اهمیت است.

استفاده از پلاسمای فرکانس رادیویی(RF) (خلاء/ فشار جو)، پلاسمای ریزموج (MV) و پرتودهی فرابنفش(خلاء / فشار جو) از جمله روش‌های آماده‌سازی سطح پارچه پنبه‌ای است. در این عملیات گروه‌های عاملی نظیر کربوکسیلیک، پرکربوکسیلیک، اپوکسید و پراکسید از طریق برهم کنش عوامل تهییج شده، بار منفی کسب کرده و از قابلیت اتصال به دی‌اکسید تیتانیوم برخوردار خواهند شد[۱۲].

تکمیل خودتمیزشونده منسوجات پروتئینی

به دلیل محدودیت‌های ناشی از ترکیب شیمیایی، مقاومت حرارتی و پایداری نوری منسوجات پروتئینی، تحقیقات پیرامون تکمیل خودتمیزشونده این منسوجات کمتر صورت گرفته است. برخلاف پنبه، ساختار شیمیایی منسوجات پروتئینی با حضور کمتر از ۵۰% گروه‌های عاملی سطحی، همچون کربوکسیلیک و هیدروکسیل، برای اتصال دی‌اکسید تیتانیوم چندان مناسب نیست. به همین دلیل به کمک روش‌های اصلاح سطح همچون پلاسمای RF، پلاسمای MW پرتودهی فرابنفش در خلاء و ... امکان ایجاد گروه‌های عاملی دارای بار منفی بر سطح الیاف پشم/ نایلون وجود دارد[۱۳]. افزودن گروه‌های کربوکسیلیک به مکان‌های فعال پشم از جمله گروه‌های کربوکسیلیک، هیدروکسی، آمینو و تایول، واکنش‌پذیری زنجیر اصلی الیاف پشم را بهبود می‌دهد[۱۴].

تکمیل خودتمیزشونده منسوجات مصنوعی

منسوجات مصنوعی نظیر پلی‌استر یا پلی‌آمید به دلیل عدم وجود گروه‌های عاملی با قابلیت اتصال به دی-اکسیدتیتانیوم، از سازگاری ضعیفی با این ماده برخوردارند. محققان استفاده از روش‌های اصلاح سطح نظیر پلاسما RF و MW و پرتودهی فرابنفش را برای آماده‌سازی و فرایند سُل-ژل را برای پوشش‌دهی منسوجات مصنوعی با مواد فوتوکاتالیست پیشنهاد کرده‌اند. از پرتودهی ریز موج برای رسوب‌دهی TiO2 بر الیاف پلی‌وینیل الکل(PVA) در دمای محیط استفاده می‌شود. الیاف تکمیل شده به این روش علاوه بر خاصیت فوتوکاتالیستی از اثر ضد میکروبی برخوردار می‌باشند[۱۵].

تولید الیاف خودتمیزشونده

در تحقیقات اخیر، تولید الیاف کامپوزیتی حاوی نانوذراتTiO_2 به جای تکمیل الیاف تولید شده پیشنهاد شده است. برای مثال می‌توان به تولید الیاف پلی‌پروپیلن حاوی نانوذراتTiO_2 با استفاده از روش ذوب‌ریسی اشاره کرد[۱۶]. با این وجود افزایش کارایی منسوجات تهیه شده به روش‌های ذکر شده اخیر به تحقیقات بیشتری نیازمند است. الیاف خودتمیز شونده حاوی نانومواد فوتوکاتالیست در منسوجات بی‌بافت، برای مصارف بهداشتی نظیر دستمال کاغذی و فیلترهای خودتمیزشونده مورد استفاده قرار می‌گیرند.

کاربرد منسوجات خودتمیز شونده

منسوجات با خواص چند منظوره

رفع انواع بوهای نامطبوع نظیر بوی حاصل از تعریق، کفش، وسایل نقلیه و دود سیگار و لکه‌های حاصل از انواع نوشیدنی‌ها، روغن و آلاینده‌های محیطی در منسوجات در بیشتر مواقع به شستشوی معمولی یا خشک‌شویی نیازمند است که سبب صرف هزینه، استفاده از آب و مواد شوینده می‌شود. الیاف طبیعی نظیر پشم و ابریشم اغلب در معرض حمله میکروارگانیزم‌ها قرار می‌گیرند؛ استفاده از TiO_2 با سازوکاری مشابه تجزیه عوامل آلاینده، منجر به تجزیه هاگ قارچ‌های موجود بر الیاف می‌شود[۱۷].

الیافی نظیر پلی‌استر، پشم و ابریشم به دلیل حضور گروه‌های آروماتیک، پرتو فرابنفش نور خورشید را جذب می‌کنند. در حالی که الیافی نظیر پنبه و نایلون از این قابلیت برخوردار نیستند. علاوه بر نوع الیاف، وزن متفاوت پارچه، رنگ، ساختار، تخلخل و انعطاف‌پذیری می‌تواند بر جذب یا انتشار پرتو فرابنفش موثر باشد. به دلیل قابلیت جذب پرتوفرابنفش توسط TiO_2، منسوجات تکمیل شده با این ماده، محافظت خوبی در برابر UV از خود نشان می‌دهند. از منسوجات یاد شده می‌توان برای تهیه پوشاک ویژه نوزادان، کودکان، سالمندان، لباس تابستانی و لباس کار در فضای باز و حتی سایبان استفاده کرد[۱۸].

از جمله موارد کاربرد این فناوری می‌توان به تکمیل خودتمیزشونده پوشاک نظامی اشاره کرد. محققان مرکز Natick آمریکا در پی تحقیقات فراوان برای تولید این منسوجات، موفق به دستیابی به فناوری پوشش‌دهی Omniphobic بر منسوجات شدند که سبب دافع آب و روغن شدن سطح یونیفرم‌های نظامی امریکایی شدند.

منسوجات خانگی

منسوجات خانگی خودتمیز شونده نظیر دستمال‌های آشپزخانه، حوله حمام، پارچه‌های رومبلی و غیره از جمله کاربردهای جدید این منسوجات به شمار می‌روند. علاوه بر حفظ پاکیزگی، جلوگیری از انتشار عوامل بیماری‌زا از جمله مزایای دیگر استفاده از این منسوجات می‌باشد.

منسوجات خودتمیز شونده تجاری

با وجود انجام تحقیقات فراوان در مورد استفاده از فناوری نانو در تولید منسوجات خودتمیز شونده، بازار تجاری این محصولات همچنان نوپاست. در ادامه به برخی نمونه‌های تجاری شده اشاره می‌شود.

پارچه خودتمیزشونده با نام تجاری®NanoSpher ساخت شرکت سوئیسی Schoeller با قابلیت دفع آب، روغن و سایر مواد آلاینده و با ثبات در برابر شستشو و بدون اثر نامطلوب بر راحتی، ظاهر، انعطاف‌پذیری و قابلیت تنفس پارچه[۱۹].

شرکت Vardama آمریکا ارائه کننده لباس پیراهن مردانه خودتمیزشونده[۲۰].

شرکت آمریکایی ®DryWired ارائه کننده نانوپوشش افشانه‌ای خودتمیزشونده ابرآب گریز و غیرسمی، قابل استفاده بر روی انواع منسوج، دارای ثبات شستشویی تا ۳۰ بار شستشو، قابل خشک شدن و پخت در دمای محیط به مدت ۲۴ ساعت[۲۱].

نمونه‌های قبلی شده است[۲۵].

پرده پلی استر خودتمیزشونده و ضد بوی Lacecurtain ساخت شرکت ژاپنی Kurenai[۲۶].

تی شرت های تولید شرکت Silic با استفاده از فناوری نانو از خاصیت خودتمیزشوندگی ابر آب گریز بهره مند هستند[۲۲].

شرکت MacMax تولید کننده پارچه‌های صنعتی با غشاء نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و پلی تترافلوروواتیلن (PTFE) و پلی وینیل کلراید(PVC) جهت مصارف چادر و سایبان های عظیم[۲۳].

Nano-Fresh®
منسوج خودتمیزشونده و شاداب کننده که حاوی نانوذرات نقره و دی‌اکسید تیتانیوم است، سبب عدم ایجاد بوی نامطبوع در لباس‌های ورزشی می‌شود[۲۴].

نخ SelfClear ساخت شرکت ژاپنی Exlan دارای ساختار چند لایه با میکروحفره‌هایی با قطر چند ده نانومتر روی سطح الیاف اکریلیک بوده که با ایجاد ساختار حفره‌ای نانومتری از نسبت سطح جانبی بیشتر برخوردار شده است. به دلیل استفاده از اکسید تیتانیوم فوتوکاتالیستی ویژه با ابعاد نانومتری در نخ SelfClear، با ابعادی معادل یک دهم ابعاد اکسید تیتانیومی به صورت متداول که در الیاف استفاده می‌شود، مساحت جانبی این ذرات ده برابر بیش از

پژوهش در ایران

در ایران چندین پروژه دکتری، کارشناسی ارشد و کارشناسی در دانشگاه های مختلف در مورد خودتمیزشوندگی منسوجات انجام شده و مقالات علمی حاصل از آنها به انتشار رسیده است که به برخی از آنها در ذیل اشاره می‌شود.

- پژوهشگران دانشگاه صنعتی امیرکبیر با استفاده از کامپوزیت نانو ذرات تیتانیوم/ آهن / نقره الیاف پلی استری چند منظوره را تولید کردند که دارای کاربردهایی در حوزه پزشکی است و فرآیند تولید آن آلودگی‌های زیست محیطی ندارد [۲۷].

- محققان نساجی دانشگاه علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی با استفاده از نانوکامپوزیت گرافن-دی اکسید تیتانیوم موفق به ایجاد ویژگی‌های برجسته‌ای در پارچه‌های پنبه‌ای از جمله رسانایی الکتریکی و خاصیت ضد میکروبی عالی و خود تمیز شوندگی شدند و بدین طریق کیفیت پارچه‌های پنبه‌ای را بهبود بخشیدند[۲۸].

- در تحقیقی که در دانشگاه امیرکبیر صورت گرفت، لکه‌بری از پارچه‌های پنبه، پلی‌استر و پشم با استفاده موضعی از محلول نانودی‌اکسیدتیتانیم مورد بررسی قرار گرفته‌است.

- در تحقیقی که در دانشگاه صنعتی اصفهان صورت گرفته است، پارچه های پلی استری پوشش داده شده با پلی وینیل کلراید(PVC) به عنوان متداول ترین ماده در ساخت سازه های پارچه ای بررسی شدند. ترکیبی از ماده‌ای با انرژی سطحی کم و نانو ذرات مورد استفاده قرار گرفت، تا ناهمواری‌های موثری بر روی سطحPVC ایجاد شود و با کاهش سطح تماس، موجب کاهش چسبندگی ذرات آلودگی و قطرات آب به سطح گردد.

- بررسی تاثیر کرونا بر خواص خود تمیزشوندگی پارچه پنبه‌ای عمل شده با نانوذرات TiO_2و از مطالعات انجام شده در دانشگاه آزاد اسلامی یزد می‌باشد. در این پژوهش از عملیات کرونا برای افزایش میزان چسبندگی نانوذرات TiO_2و برروی کالا استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان میدهد که با افزایش میزان شدت و زمان کرونا، میزان چسبندگی نانوذرات TiO_2و همچنین خاصیت خودتمیزشوندگی برروی کالای پنبه ای افزایش یافته است.

- محققان دانشگاه آزاد اسلامی از سنتز نانوکامپوزیت سریسین ابریشم و نانوذرات TiO2و پوشش‌دهی این نانوکامپوزیت روی سطح منسوجات به منظور تکمیل چندگانه خودتمیزشونده، ضد پرتو فرابنفش و... استفاده کردند[۲۹].

نتیجه‌گیری

پیش بینی می‌شود استفاده از منسوجات خودتمیزشونده به دلایل متعدد از جمله تمایل مصرف کنندگان به افزایش سطح پاکیزگی، بحران وکمبود آب و مصرف بی‌رویه مواد شوینده نفتی با رشد چشم‌گیری در آینده نه چندان دور مواجه شود. بر این اساس به نظر می رسد بازار رو به رشد این محصولات در دنیا با پیشرفت‌های فناورانه سرعت بیشتری بگیرد و شاهد توسعه منسوجات خود تمیزشونده با به کار گیری فناوری نانو در سال‌های پیش رو باشیم.

منابع در دفتر مجله موجود است.