

بررسی جامع کاربردها و عملکرد مواد نساجی نانوسبز برای پایداری زیست محیطی

لیلا حیدری^۱، عظیم باقری^۲

۱- مدرس و مدیر دپارتمان مهندسی صنایع شیمیایی، ایران، تهران، دانشگاه جامع علمی کاربردی، مرکز آموزش شرکت تولیدی و صنعتی آذین خودرو

۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی فناوری صنایع شیمیایی، ایران، تهران، دانشگاه جامع علمی کاربردی، مرکز آموزش شرکت تولیدی و صنعتی آذین خودرو

چکیده

توسعه مواد نانو نساجی سازگار با محیط زیست و پایدار، به پاسخی حیاتی برای مشکلات زیست محیطی پیش روی صنعت نساجی و همچنین نیاز به افزایش کارایی تبدیل شده است. این بررسی به تاریخچه نانو منسوجات، پیشرفت های آنها از آغاز تا کاربردهای امروزی و جهت گیری های بالقوه آینده می پردازد. در گذشته، صنعت نساجی با مشکلات زیست محیطی مانند آلودگی و استفاده بیش از حد از منابع دست و پنجه نرم می کرد. با استفاده از فناوری نانو، منسوجات اکنون می توانند کیفیت های بهتری مانند افزایش مقاومت در برابر لکه، دوام و عملکرد ضد باکتری داشته باشند. در حال حاضر یک تغییر عمده به سمت ادغام نانومواد سازگار با محیط زیست، مانند نانوذرات زیست تخریب پذیر و زیست پایه، که از شیوه های تولید پایدارتر پشتیبانی می کنند، وجود دارد. این پیشرفت ها نه تنها به مسائل زیست محیطی می پردازند، بلکه عملکرد منسوجات را نیز افزایش می دهند و ویژگی هایی مانند مقاومت در برابر آب، محافظت در برابر اشعه ماوراء بنفش و قابلیت های خود تمیز شوندگی را ارائه می دهند. انتظار می رود جهت گیری های آینده بر اصلاح سنتز نانومواد، تولید انبوه و تضمین پایداری جامع چرخه عمر متمرکز باشند. پیش بینی می شود روندهای نوظهور، مانند عملکردهای هوشمند و رویکردهای اقتصاد چرخشی، صنعت را بیشتر متحول کنند. این بررسی، دستاوردهای قبلی را خلاصه می کند، نوآوری های اخیر را ارزیابی می کند و فرصت های تحقیقاتی آینده را برای پیشرفت در زمینه نانومنسوجات سبز شناسایی می کند.

کلمات کلیدی: نانو منسوجات سبز، پایداری، محیط زیست، منسوجات هوشمند، دوستدار محیط زیست

مقدمه

افزایش آگاهی زیست‌محیطی و نیاز به بهبود عملکرد محصول، تحول بزرگی را در صنعت نساجی ایجاد کرده است، صنعتی که تکیه‌گاه اصلی اقتصاد جهانی و نیروی اصلی در شکل‌دهی فرهنگ مصرف‌کننده است. به دلیل مصرف زیاد آب، آلودگی و تولید زباله، فرآیندهای سنتی تولید منسوجات به دلیل اثرات مضرشان بر محیط زیست، انتقادات زیادی را به خود جلب کرده‌اند. در پاسخ، روش پیشگامانه‌ای برای کاهش این اثرات و افزایش عملکرد کاربردی منسوجات آشکار شده است: استفاده از فناوری نانو در توسعه منسوجات. با توسعه مواد با خواص مدرن مانند افزایش کارایی، لکه‌زدایی، و توانایی‌های خود تمیزشوندگی، علاوه بر سازگاری با محیط زیست، استفاده از فناوری نانو در منسوجات، نویدبخش حل نیازهای مصرف‌کنندگان است. صنعت نساجی از نظر تاریخی به مواد و تکنیک‌های سنتی وابسته بوده است که اغلب هزینه و عملکرد را بر نگرانی‌های زیست‌محیطی مقدم می‌دانند. استفاده از مواد شیمیایی خطرناک و الیاف مصنوعی باعث از دست رفتن منابع و آلودگی قابل توجهی شده است. با این حال، به دلیل افزایش نیاز مشتریان به محصولات سبزتر و نگرانی‌ها در مورد پایداری زیست‌محیطی، تلاش متمرکزی برای ایجاد و اجرای روش‌های پایدارتر صورت گرفته است. از زمان توسعه فناوری نانو، فرصت‌های بیشتری برای ایجاد منسوجات با کیفیت بهبود یافته در مقیاس نانو وجود داشته است که منجر به ایجاد منسوجات مفیدتر و پایدارتر شده است.

پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه نانومنسوجات پایدار و سبز در طول ده سال گذشته حاصل شده است. مواد و پوشش‌های نانویی متعددی توسط محققان برای بهبود کیفیت عملکردی محصولات نهایی و در عین حال کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید منسوجات ایجاد شده‌اند. این دسته از منسوجات با ویژگی‌های خاص، دافع آب، مقاوم در برابر لکه و ضد باکتری هستند. این خواص نه تنها طول عمر منسوجات را افزایش می‌دهند، بلکه نیاز به شستشوی منظم و عملیات شیمیایی را نیز کاهش می‌دهند. علاوه بر این، میزان اجزای مصنوعی و غیر زیست‌تخریب‌پذیر در منسوجات به دلیل پیشرفت در استفاده از نانوذرات زیست‌تخریب‌پذیر و زیست‌پایه کاهش یافته است. با وجود این پیشرفت‌ها، هنوز تعدادی شکاف علمی و عملی وجود دارد، عمدتاً در زمینه‌های ادغام این نانومواد سازگار با محیط زیست، ارزیابی جامع پیامدهای زیست‌محیطی آنها و مقیاس‌پذیری نحوه تولید آنها.

شکاف‌های تحقیقاتی نشان می‌دهد که بهینه‌سازی تکنیک‌های سنتز غیرمادی برای پایداری آنها از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی، یکی از کمبودهای اصلی تحقیقاتی است. اگرچه تعدادی نانومواد سبز ایجاد شده‌اند، اما هنوز هم تشخیص منابع اصلی مواد نانومنسوجات و عملکرد آنها در کاربردهای بازار منسوجات با کارایی بالا دشوار است. علاوه بر این، درک عمیق‌تری از اثرات چرخه عمر نانومنسوجات، از جمله پیامدهای آنها بر محیط زیست و سلامت انسان، مورد نیاز است. این شامل ارزیابی خطرات احتمالی مرتبط با انتشار نانوذرات در محیط زیست و تجمع آنها در اکوسیستم‌ها است. علاوه بر این، نیاز به گنجاندن کامل‌تر اصول اقتصاد چرخشی در طراحی و تولید نانومنسوجات وجود دارد.

هدف اصلی این بررسی، ارائه ارزیابی کاملی از ایجاد و استفاده از مواد نانو نساجی سازگار با محیط زیست و پایدار، با تأکید بر ویژگی‌های عملکردی و زیست‌محیطی آنها است. این مقاله با تلفیق تحولات در نانو منسوجات، بررسی تأثیرات آنها بر پایداری و پیشنهاد مسیرهای تحقیقاتی جدید، قصد دارد شکاف‌های فعلی در این زمینه را پر کند. این بررسی با ارائه یک مطالعه کامل در این زمینه و پیشنهاد راه‌حل‌های عملی برای توسعه آینده، در پی از بین بردن این شکاف‌ها است.

۱- پیشینه منسوجات نانو سبز

فناوری نانو، که مهندسی مواد در مقیاس نانو است، تکنیک‌های جدیدی را برای تولید منسوجات فراهم کرده است. نانومواد با اندازه کوچک و نسبت سطح به حجم بالا، دارای ویژگی‌های خاصی هستند که می‌توانند برای ساخت منسوجاتی با عملکرد بیشتر و اثرات زیست‌محیطی کمتر مورد استفاده قرار گیرند. برای کاهش دفعات شستشو و نیاز به شوینده‌های شیمیایی، می‌توان پارچه‌ها را با

پوشش‌های نانو پوشش داد تا خاصیت دفع آب، مقاومت در برابر لکه و خواص ضد باکتری به آنها داده شود. این امر عمر منسوجات را افزایش داده و تعداد آلاینده‌هایی را که پساب‌های لباسشویی به سیستم‌های آبی نشت می‌کنند، کاهش می‌دهد. در زمینه نانو منسوجات سبز، "سبز" به تعدادی از عوامل مهم اشاره دارد. اول از همه، از نانومواد سازگار با محیط زیست برای کاهش وابستگی به مواد شیمیایی خطرناک و منابع تجدیدناپذیر استفاده می‌کند. به عنوان مثال می‌توان به نانوذرات زیست تخریب‌پذیر یا نانوذرات ساخته شده از مواد تولید شده از گیاهان یا سایر منابع تجدیدپذیر اشاره کرد. این مواد به کاهش تأثیر تولید و دفع منسوجات بر محیط زیست کمک می‌کنند. نانوذرات سبز از پایداری بالاتری برخوردارند زیرا اغلب با روش‌های کم‌ضررتر و کم‌انرژی‌تر از روش‌های شیمیایی مرسوم تولید می‌شوند. گنجاندن مفاهیم اقتصاد چرخشی یکی از اجزای حیاتی نانو منسوجات سبز است. این روش تأکید زیادی بر ایجاد اقلامی دارد که برای دوام در کل چرخه عمر خود طراحی شده‌اند، با در نظر گرفتن ویژگی‌هایی مانند زیست‌تخریب‌پذیری، استفاده مجدد و بازیافت. این به ایجاد موادی برای نانو منسوجات اشاره دارد که به راحتی قابل بازیافت هستند یا در پایان عمر مفید خود به طور ایمن تجزیه می‌شوند و اثرات زیست‌محیطی را محدود می‌کنند. محققان در حال بررسی رویکردهای متنوعی برای افزایش چرخه‌ای بودن نانو منسوجات هستند، مانند ادغام نانوذرات قابل استفاده مجدد یا ایجاد پوشش‌هایی که به خودی خود تجزیه می‌شوند. نانو منسوجات سبز هم در فرآیندهای تولید و هم در فرآیندهای استفاده، مزایایی برای محیط زیست دارند. برای مثال، تولید منسوجات به دلیل فناوری نانو می‌تواند از انرژی و آب کمتری استفاده کند. با استفاده از نانوذرات، می‌توان فرآیندهای رنگرزی و تکمیل را با استفاده از آب و مواد شیمیایی کمتر، مؤثرتر کرد. علاوه بر این، با افزایش اثربخشی عملیات نساجی، افزودن نانومواد می‌تواند ضایعات و مصرف انرژی را کاهش دهد. خطرات زیست‌محیطی به‌طور گسترده‌تری شناخته می‌شوند، اما مصرف‌کنندگان هنوز باید در مورد مزایا و قابلیت اطمینان این فناوری‌های جدید متقاعد شوند. با وجود این پیشرفت‌ها، حوزه نانومنسوجات سبز هنوز با مشکلات متعددی روبرو است. مقیاس‌پذیری تولید نانومواد سبز یکی از مشکلات مهم است. حتی در حالی که اکتشافات توسعه‌یافته در آزمایشگاه‌ها اغلب نویدبخش هستند، افزایش مقیاس این فناوری‌ها برای تولید تجاری می‌تواند دشوار و پرهزینه باشد.

۱-۱- مزایای زیست‌محیطی

پذیرش نانومواد سبز و فناوری نانو برای چندین کارکرد منسوجات از منظر کارایی بهینه، صرفه‌جویی در مصرف آب و انرژی، فرآیند سنتز سازگار با محیط‌زیست و پایداری، و ویژگی‌های قابل استفاده مجدد و قابل بازیافت، اجرای مفهوم اقتصاد چرخشی است. جهان به سمت سبک پایدار پیش می‌رود و شعار اصلی آن ارائه محصولی بادوام با کارکردهای متعدد و ترویج حفاظت از منابع طبیعی است. ایده فناوری نانو منسوجات که به عنوان نانو منسوجات نیز شناخته می‌شود، به دلیل ویژگی نسبی سازگاری با محیط زیست و ویژگی‌های منحصر به فرد مقیاس نانو مانند نسبت سطح به حجم بالاتر، انرژی فعالیت کمتر و حداقل تولید زباله، توسط مصرف‌کنندگان و متخصصان مورد تقدیر و پذیرش قرار گرفته است. نساجی اغلب به دلیل تولید بالای زباله، مصرف انرژی انبوه و استفاده از مواد سمی، مسئول آسیب‌های زیست‌محیطی شناخته می‌شود. با معرفی نانو منسوجات در سال‌های اخیر، تأثیر زیست‌محیطی منسوجات تا حدودی کاهش یافته و کنترل شده است. با این وجود، برخی از نانومواد و تکنیک‌های سنتز معمول آنها به عنوان یک چالش جدید در مورد پایداری مطرح شده‌اند که توسط برخی مطالعات مورد بررسی قرار گرفته‌اند. با این حال، پیشرفت‌های اخیر در سنتز سبز، نانو منسوجات زیست‌پایه و تجزیه‌پذیر، مسیر را به سمت پایداری گسترش داده است.

۱-۱-۱- کاهش مصرف آب و انرژی

با افزودن نانومواد مانند نانوذرات آبریز (سیلیکا یا ذرات فلوئوردار) می‌توان منسوجات را آبریزتر کرد. به دلیل این ویژگی، نیاز کمتری به مواد شوینده قوی و شستشوی مکرر وجود دارد که در نتیجه از آب و انرژی کمتری برای شستشو و خشک کردن استفاده می‌کند. مقاومت بهتر در برابر لکه در منسوجات همچنین ممکن است به معنای نیاز کمتر به تعویض در طول زمان باشد که باعث صرفه‌جویی بیشتر در منابع می‌شود.

۱-۱-۲- پایداری و دوام بیشتر

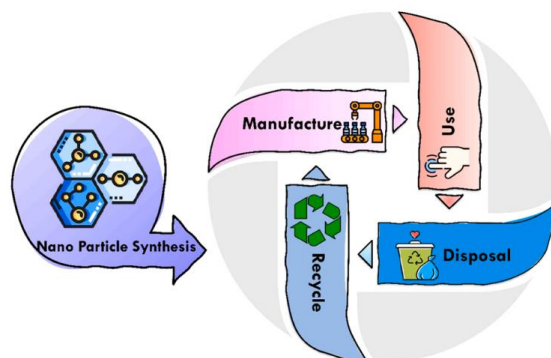
منسوجات با افزودن نانوالیاف یا نانوذرات می‌توانند طول عمر بیشتر و خواص مکانیکی قوی‌تری داشته باشند. با افزایش طول عمر لباس‌ها و سایر محصولات نساجی، این پیشرفت، دفعات دفع را کاهش داده و به کاهش ضایعات کمک می‌کند.

۳-۱-۱- کاربردها در منسوجات هوشمند

با حسگرهای یکپارچه و اجزای الکترونیکی، منسوجات هوشمند توسط فناوری نانو امکان‌پذیر می‌شوند. این پارچه‌ها توانایی ردیابی عوامل فیزیولوژیکی یا محیطی را دارند که می‌تواند منجر به بهبود راحتی کاربر و استفاده اقتصادی‌تر از منابع شود.

۴-۱-۱- تکنیک‌های تولید پایدار

تأثیر زیست‌محیطی فرآیندهای تولید نساجی با پیشرفت در سنتز نانومواد، مانند استفاده از منابع تجدیدپذیر و تکنیک‌های سنتز سبز، کاهش می‌یابد. تولیدکنندگان می‌توانند با بهبود فرآیندها و مواد تولیدی خود، تولید انرژی و ضایعات را کاهش دهند (شکل ۱).



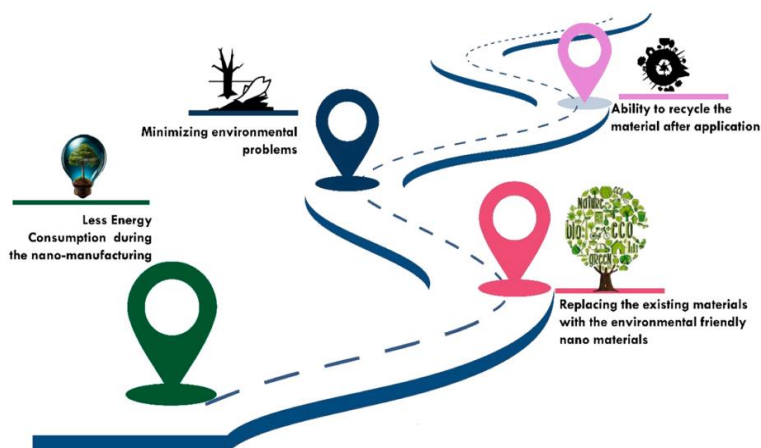
شکل ۱- سنتز نانوذرات

۲- دیدگاه‌های تاریخی نانو منسوجات

آغاز نانو منسوجات را می‌توان در اوایل دهه ۲۰۰۰ یافت، زمانی که پیشرفت‌های فناوری نانو شروع به تأثیرگذاری بر تعدادی از صنایع، از جمله نساجی کرد. در ابتدا، هدف، گنجاندن نانوذرات در الیاف و پارچه‌های نساجی برای افزایش خاصیت ضدلک، ضدآب و دوام آنها بود. استفاده از نانو پوشش‌ها و پرداخت‌ها روی منسوجات، امکان اختراع منسوجاتی با خواص ضد میکروبی، محافظت در برابر اشعه ماوراء بنفش و خودتمیزشوندگی را در مراحل اولیه نوآوری فراهم کرد. در آن زمان، زمینه‌های اصلی تحقیق بر امکان ادغام مواد نانومقیاس و چگونگی تأثیر آنها بر عملکرد منسوجات متمرکز بود. الیافی مانند سلولز و پشم با هدف تولید الیافی با کیفیت‌های قابل توجه مانند بهبود استحکام، الاستیسیته و مدیریت دما، تحت فرآیند نانو قرار گرفته‌اند. این الیاف به دلیل راحتی استثنایی، قابلیت تنفس و خواص رطوبت‌زدایی، هم برای استفاده روزانه و هم برای لباس‌های با کارایی بالا عالی هستند. علاوه بر این، با کاهش وابستگی به مواد مصنوعی و به حداقل رساندن تأثیر زیست‌محیطی، استفاده از نانو الیاف پشمی زیستی، شیوه‌های مسئولانه زیست‌محیطی را ترویج می‌دهد. این روش خلاقانه با ترکیب مزایای پشم با پیشرفت‌های اخیر در فناوری نانو، منسوجات پیچیده و پایداری ایجاد می‌کند. با گذشت زمان، تمرکز گسترش یافت و شامل استراتژی‌های مفید زیست‌محیطی مانند استفاده از نانومواد زیست‌تخریب‌پذیر و ایجاد تکنیک‌های تولید سازگارتر با محیط‌زیست شد. این تغییر، بازتابی از شناخت روزافزون صنعت نساجی از نیاز به پایداری است. با تکیه بر این اکتشافات اولیه، تحقیقات فعلی با هدف بهبود ارزیابی طول عمر، بهینه‌سازی سنتز نانومواد و افزایش مزایای زیست‌محیطی نانو منسوجات انجام می‌شود.

۳- مواد نانو در نساجی

نانومواد با ظرفیت خود برای ارائه قابلیت‌های متنوع، از دوام بیشتر گرفته تا ویژگی‌های پیشرفته، برای بهبود کیفیت منسوجات ضروری هستند. مفهوم منسوجات چندمنظوره که ویژگی‌های محافظتی ارائه می‌دهند، برای بهبود راحتی و ایمنی در محیط‌های مختلف طراحی شده است و از طریق ترکیب فناوری نانو در منسوجات حاصل می‌شود. این منسوجات علاوه بر ارائه محافظت در برابر اشعه ماوراء بنفش، خواص ضد باکتری و دفع آب، می‌توانند در برابر آتش، مواد شیمیایی و دمای بالا نیز مقاوم باشند. منسوجات هوشمند و الیاف نانو نمونه‌هایی از مواد پیشرفته‌ای هستند که حسگرها یا مواد تغییر فاز دهنده را در خود جای داده‌اند که ممکن است به تغییرات محیط واکنش نشان دهند تا محافظت پویا ایجاد کنند. این مواد برای استفاده در ورزش‌های فضای باز، مراقبت‌های بهداشتی و نظامی عالی هستند زیرا ویژگی‌های محافظتی مختلفی را ترکیب می‌کنند و محافظت کاملی را بدون از دست دادن انعطاف‌پذیری، دوام یا راحتی کاربر ارائه می‌دهند. به دلیل ویژگی‌های فوتوکاتالیستی، نانوذراتی مانند دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) معمولاً در تولید منسوجات برای ایجاد مواد خود تمیزشونده که در معرض نور لکه‌های آلی را تجزیه می‌کنند، استفاده می‌شوند. نانوذرات نقره به دلیل ویژگی‌های ضدباکتریایی خود که با موفقیت مانع رشد باکتری‌ها و از بین بردن بو می‌شوند، برای استفاده در کاربردهای پزشکی و ورزشی بسیار ارزشمند هستند. منسوجات ساخته شده با نانوذرات آبگریز، مانند سیلیس یا مواد شیمیایی فلئوئوردار، به دلیل مقاومت در برابر آب و لکه، بادوام‌تر و نگهداری آنها آسان‌تر است. نانوذرات اکسید روی (ZnO) با ایجاد مانعی در برابر اشعه‌های مضر UV، برای محافظت از پوست در برابر نور ماوراء بنفش استفاده می‌شوند. به دلیل استحکام و رسانایی الکتریکی قابل توجه گرافن و نانولوله‌های کربنی، منسوجات انعطاف‌پذیر و رسانا برای لوازم الکترونیکی پوشیدنی و پارچه‌های هوشمند توسعه یافته‌اند. منسوجاتی که مواد تغییر فاز دهنده ^۱ (PCM) در آنها ادغام شده‌اند، تنظیم دما، جذب و آزادسازی گرما را ارائه می‌دهند تا کاربران در طیف وسیعی از دما احساس راحتی کنند. منسوجاتی که می‌توانند پس از تغییر شکل به شکل اولیه خود بازگردند، با پلیمرهای حافظه‌دار شکلی ^۲ (SMP) ساخته می‌شوند که برای لباس‌هایی که هم کاربردی و هم تطبیقی هستند، مفید است. علاوه بر این، نانورس‌ها و نانوسلولز با تقویت پارچه‌ها و زیست‌تخریب‌پذیر بودن، کیفیت مکانیکی و پایداری را بهبود می‌بخشند. این نانومواد نشان‌دهنده یک پیشرفت بزرگ در فناوری نساجی هستند، زیرا هر کدام دارای خواص منحصر به فردی هستند که می‌توانند برای اهداف مختلفی، از حفاظت از محیط زیست گرفته تا افزایش عملکرد (شکل ۲) تنظیم شوند.



شکل ۲- حوزه‌های تمرکز فناوری نانو در نساجی

^۱ Phase Change Materials

^۲ Shape Memory Polymers

۳-۱- منابع سبز نانوذرات

تعداد بسیار کمی از نانومواد سبز بر پایه فلزات هستند و پتانسیل بهبود پایداری زیست‌محیطی را در تعدادی از تکنیک‌های مهم پایدار دارند. این تکنیک‌ها انرژی کمتری مصرف می‌کنند و شامل مواد شیمیایی خطرناک برای سنتز سبز نانومواد نمی‌شوند. برخلاف فرآیندهای شیمیایی مرسوم، این روش‌های بیولوژیکی شامل عصاره‌های گیاهی یا میکروارگانیسم‌ها با هدف تولید نانوذرات فلزی با اثرات جزئی بر محیط زیست هستند. نانوذراتی که قطری در محدوده نانومتری ۱ تا ۱۰۰ نانومتر دارند، به دلیل اندازه کوچک و نسبت سطح به حجم بالا، قابلیت‌های فیزیکی، شیمیایی و نوری ویژه‌ای را نشان می‌دهند. آن‌ها اغلب ویژگی‌های متمایزی را در مقیاس نانو، مانند گزینش‌پذیری یا واکنش‌پذیری افزایش‌یافته، نشان می‌دهند که می‌تواند اثربخشی فرآیندهای کاتالیزوری را بهبود بخشد. به عنوان مثال، در مقایسه با کاتالیزورهای مرسوم، نانوکاتالیست‌ها می‌توانند واکنش‌های شیمیایی را در دماهای پایین‌تر و با بازده بالاتر هدایت کنند و در نتیجه ضایعات کمتر و کاهش مصرف انرژی را به همراه داشته باشند. علاوه بر این، با بهره‌گیری از مساحت سطح بزرگ و واکنش‌پذیری آنها، می‌توان از فلزات نانومقیاس در اصلاح محیط زیست، مانند حذف آلاینده‌ها از هوا و آب، استفاده کرد. علاوه بر این، ایجاد نانومواد زیست‌تخریب‌پذیر و غیرسمی و تکنیک‌های سنتز سازگار با محیط زیست که محصولات جانبی خطرناک را کاهش می‌دهند، از اهداف اصلی پیشرفت‌های فناوری نانو هستند.

۳-۲- نانومواد رسانا

در مقایسه با مواد معمولی، نانومواد رسانا دارای رسانایی الکتریکی هستند که در مقیاس نانو (معمولاً با قطرهای کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر) به طور قابل توجهی بالاتر است. این مواد نسبت سطح به حجم بالایی دارند و به دلیل پدیده‌های کوانتومی، ویژگی‌های خاصی را نشان می‌دهند.

۴- تکنیک‌های پایدار تهیه نانومواد

مفهوم نانومواد سبز بر استفاده از نانوذرات سازگار با محیط زیست به همراه فرآیند و منبع سنتز پایدار و آسان آنها تمرکز دارد. تکنیک‌های پایدار برای تولید نانوذرات نساجی به دنبال محدود کردن اثرات منفی آنها بر محیط زیست، استفاده از منابع کمتر و بهبود ایمنی کارگران در طول مسیر هستند.

۴-۱- سنتز بیولوژیکی

این روش نانوذرات را از موجودات زنده طبیعی مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها یا گیاهان تولید می‌کند. از آنجا که این روش‌ها عواقب مضر کمتری دارند و از منابع تجدیدپذیر استفاده می‌کنند، اغلب سازگار با محیط زیست هستند. برای مثال، برای تولید نانوذرات فلزی می‌توان از عصاره‌های گیاهی یا فعالیت‌های میکروبیولوژیکی استفاده کرد.

۴-۲- فرآیند الکتروشیمیایی

این روش مستلزم تولید نانوذرات است که شامل استفاده از واکنش‌های الکتروشیمیایی می‌شود. در مقایسه با تکنیک‌های سنتز شیمیایی مرسوم، این روش‌ها می‌توانند تنظیم‌شده‌تر باشند و به مواد کم‌خطرتری نیاز دارند.

۴-۳- سنتز شیمیایی

تکنیکی برای سنتز شیمیایی که در آن یک سل یا محلول کلوئیدی نانوذرات، به صورت ژل درآمده و تحت عملیات حرارتی قرار می‌گیرد تا نانوذرات ایجاد شود. دماها و شرایط واکنش پایین‌تر می‌توانند برای بهینه‌سازی این فرآیند و کاهش مصرف انرژی مورد

استفاده قرار گیرند. شامل استفاده از آب یا حلال‌ها برای ایجاد نانوذرات در دماها و فشارهای بالا است. با تنظیم این پارامترها می‌توان نانوذرات با کیفیت بالا را با انرژی کمتری تولید کرد.

۴-۴- بازیافت و مدیریت پسماند

ایجاد رویه‌های بازیافت که امکان جمع‌آوری و استفاده مجدد از زباله‌های حاصل از تولید نانوذرات را فراهم می‌کند. این امر باعث کاهش تعداد منابع مورد استفاده و ضایعات تولید شده می‌شود. کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید نانوذرات را می‌توان با یافتن کاربردهای جدید برای محصولات جانبی یا با استفاده از آنها به عنوان مواد اولیه برای سایر محصولات به دست آورد.

۴-۵- فرآیندهای کارآمد از نظر منابع

کاهش میزان انرژی و مواد اولیه مورد نیاز برای تولید نانوذرات را می‌توان با استفاده از کاتالیزورهای کارآمد و قابل بازیافت محقق کرد. علاوه بر این، در نتیجه محصولات جانبی نامطلوب کمتری تولید می‌شوند. کاهش خطرات مواد خطرناک برای سلامت انسان و محیط زیست با ایجاد و استفاده از پیش‌سازها و ترکیبات ایمن‌تر برای سنتز نانوذرات.

۴-۶- پوشش‌ها و عملیات‌های سازگار با محیط زیست

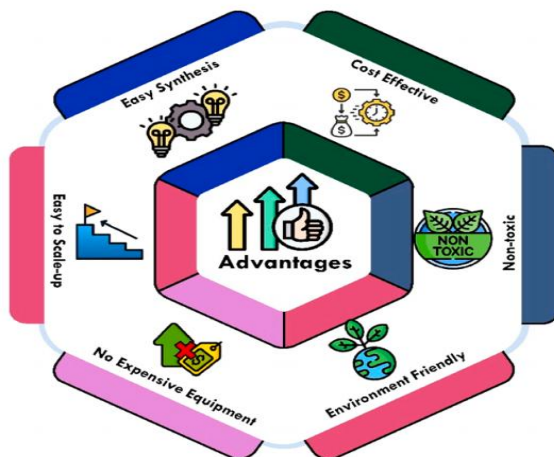
برای به حداقل رساندن تأثیر بر محیط زیست، به جای حلال‌های آلی، از محلول‌های مبتنی بر آب برای پراکندگی و کاربرد نانوذرات در منسوجات استفاده می‌شود. با استفاده از روش‌های پخت در دمای پایین‌تر، پارچه‌ها با نانوذرات تکمیل می‌شوند و در عین حال از کمترین میزان انرژی و ردپای کربن ممکن استفاده می‌شود.

۴-۷- پلیمرهای زیستی

استفاده از پلیمرهای زیستی یا زیست‌تخریب‌پذیر برای نگهداری نانوذرات می‌تواند به تولید محصولات نساجی با ساختار پایدارتر کمک کند. با تهیه مواد اولیه برای سنتز نانوذرات از منابع پایدار یا تجدیدپذیر، می‌توان وابستگی به منابع تجدیدناپذیر را کاهش داد.

۵- مزایای نانومواد در منسوجات

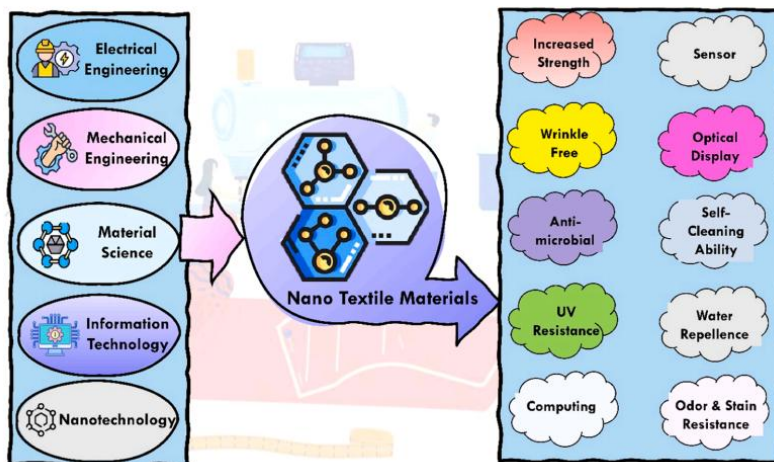
منسوجات با استفاده از نانومواد، که عملکرد، پایداری و سودمندی آنها را در کاربردهای مختلف تغییر می‌دهد، به میزان زیادی سود می‌برند. توانایی آنها در بهبود کیفیت ذاتی پارچه‌ها بدون از دست دادن انعطاف‌پذیری یا راحتی، یکی از مزایای اصلی آنهاست. چندین عامل ضد باکتری رایج با سطوح مختلف پایداری و اثربخشی وجود دارد، مانند تریکلوزان، ترکیبات آمونیوم کواترنری، نانوذرات مس و نقره. به دلیل ویژگی‌های مفید زیست‌محیطی آنها، جایگزین‌های طبیعی مانند کیتوزان و عصاره‌های گیاهی محبوبیت بیشتری پیدا می‌کنند. ترکیبات ضد میکروبی اغلب در منسوجات پزشکی، لباس‌های ورزشی و لباس‌های روزانه استفاده می‌شوند که باعث بهبود طول عمر و بهداشت لباس می‌شود. آنها از رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها جلوگیری می‌کنند و خواص بهداشتی و کاهش بو پارچه‌هایی را که برای لباس‌های روزمره، لباس‌های ورزشی و محیط‌های پزشکی مفید هستند، بهبود می‌بخشند. پارچه‌ها توسط نانومواد مانند نانوذرات اکسید روی و دی اکسید تیتانیوم در برابر اشعه ماوراء بنفش محافظت می‌شوند. آنها محافظت در برابر آفتاب را فراهم می‌کنند که برای لباس‌ها و لوازم جانبی فضای باز ضروری است و به طور موثر اشعه ماوراء بنفش را مسدود می‌کند تا از آسیب پوست و پیری زودرس جلوگیری کند. منسوجات حاوی نانومواد می‌توانند مقاومت بهتری در برابر لکه و آب داشته باشند. کاربران خشک و راحت می‌مانند زیرا نانوذرات آبگریز، مانند سیلیس یا ذرات فلئوئوردار، یک سد محافظ روی سطح پارچه تشکیل می‌دهند که باعث می‌شود آب به صورت دانه‌ای جمع شود و غلت بخورد. لباس کار، روکش مبلمان و لباس‌های بیرون از منزل همگی از موارد مهم در این ویژگی هستند (شکل ۳).



شکل ۳- مزایای مواد نانو نساجی سبز

۶- نانومواد در منسوجات با کارایی بالا

پارچه‌های کاربردی با نانومواد، پایداری و عملکرد را بهبود می‌بخشند. این پارچه‌ها برای محافظت در برابر اشعه ماوراء بنفش به اکسید روی، برای فعالیت‌های ضدباکتری به نانوذرات نقره یا نانوذرات طبیعی و برای مقاومت در برابر آب و لکه به نانوپوشش‌ها نیاز دارند. استحکام و دوام توسط نانوذراتی مانند گرافن و نانولوله‌های کربنی افزایش می‌یابد. نانوذرات رسانا با حسگرها و برداشت انرژی در منسوجات هوشمند ترکیب می‌شوند. PCMها یا مواد تغییر فاز دهنده، دما را برای اطمینان از راحتی کنترل می‌کنند. نانوسلولز و نانوالیاف زیست تخریب پذیر، جایگزین‌های مفید برای محیط زیست را فراهم می‌کنند. این پیشرفت‌ها، ضمن تشویق مسئولیت پذیری زیست محیطی، کارایی، دوام و پایداری منسوجات را بهبود می‌بخشند (شکل ۴).



شکل ۴- فناوری نانو در کاربردهای عملکردی

۶-۱- منسوجات مقاوم در برابر شعله

پارچه‌های مقاوم در برابر شعله برای کاهش سرعت گسترش شعله‌ها و مقاومت در برابر احتراق طراحی شده‌اند و ایمنی را در محیط‌های مختلف بهبود می‌بخشند. این منسوجات دارای مواد یا عملیات مقاوم در برابر شعله هستند که یا لیاف را از نظر شیمیایی

تغییر می‌دهند یا مانعی برای جلوگیری از شعله‌ها ایجاد می‌کنند. تکنیک‌های مهم شامل استفاده از مواد شیمیایی مبتنی بر فسفر، نیتروژن یا هالوژن است که هنگام گرم شدن، یک لایه زغال تشکیل می‌دهند که پارچه را عایق‌بندی می‌کند و از سوختن بیشتر آن جلوگیری می‌کند. نانومواد مانند نانورس‌ها یا ساختارهای نانوکربنی در عملیات پیشرفته مقاوم در برابر شعله برای افزایش پایداری حرارتی و مقاومت در برابر آتش بدون از بین بردن راحتی و انعطاف‌پذیری پارچه استفاده می‌شوند. علاوه بر این، الیاف مقاوم در برابر شعله با دوام بالا مانند آرامید یا مداکرلیک به طور طبیعی در برابر شعله مقاوم هستند که آنها را برای لباس‌های کار صنعتی و لباس‌های آتش‌نشانی، در میان سایر اقلام پوشاک محافظ، ایده‌آل می‌کند. این پارچه‌ها محافظت حیاتی ارائه می‌دهند و احتمال آسیب را کاهش می‌دهند، و آنها را در مناطقی که تهدیدات آتش‌سوزی رایج است، ضروری می‌کنند. با هدف ایجاد تعادل بین مسئولیت زیست‌محیطی و ایمنی، توسعه منسوجات مقاوم در برابر شعله سازگار با محیط زیست که از مواد شیمیایی مضر کمتر و منابع پایدار استفاده می‌کنند نیز در حال پیشرفت است. پارچه‌های مقاوم در برابر شعله برای محافظت از افراد و اموال در برابر خطرات آتش‌سوزی ضروری هستند و پیشرفت‌های مداوم در فناوری‌های ایمنی در برابر آتش را تشویق می‌کنند.

۲-۶- منسوجات محافظ در برابر اشعه ماوراء بنفش

منسوجات دارای محافظ UV برای محافظت از پوست در برابر اشعه‌های مضر UV ساخته شده‌اند و احتمال آفتاب‌سوختگی و آسیب طولانی‌مدت پوست را کاهش می‌دهند. این پارچه‌ها به روش‌های مختلفی از جمله با افزودن مواد جاذب یا مسدودکننده UV مستقیماً به پارچه، در برابر UV محافظت می‌شوند. از آنجا که آنها به طور مؤثر اشعه UV را جذب یا منعکس می‌کنند، موادی مانند نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم یا اکسید روی اغلب برای جلوگیری از نفوذ آنها به منسوجات استفاده می‌شوند. علاوه بر این، ترکیبات مسدودکننده UV را می‌توان روی الیاف و نخ‌ها اعمال کرد تا خواص محافظتی آنها را بهبود بخشند. فاکتورهای محافظت در برابر اشعه ماوراء بنفش^۱ (UPFs) معمولاً برای ارزیابی پارچه‌ها بر اساس میزان محافظت در برابر UV آنها استفاده می‌شوند. مقادیر بالاتر UPF نشان دهنده دفاع قوی‌تر در برابر قرار گرفتن در معرض UV است. لباس‌های ورزشی، لوازم جانبی و لباس‌های فضای باز اغلب دارای مواد محافظ UV تخصصی هستند که محافظت حیاتی را برای افرادی که در معرض مداوم آفتاب قرار دارند، ارائه می‌دهند. ایجاد منسوجات محافظ UV سازگار با محیط زیست که از فرآیندهای غیرسمی و مواد پایدار استفاده می‌کنند، نمونه‌ای از پیشرفت‌های اخیر است. برای مثال، سنتز سبز ZnO از عصاره میوه گوجه فرنگی و سنتز TiO_2 از گل پرچم شیرین و گیاه چریش. این پیشرفت‌ها علاوه بر ارائه محافظت بهتر، نگرانی‌های بهداشتی و زیست‌محیطی را نیز در نظر می‌گیرند که باعث افزایش ایمنی و رفاه کلی کاربر می‌شود. منسوجاتی که شامل محافظت در برابر اشعه ماوراء بنفش در لباس‌های معمولی هستند، برای حفظ سلامت پوست و جلوگیری از بیماری‌های مرتبط با اشعه ماوراء بنفش ضروری هستند.

۳-۶- منسوجات ضد باکتری و ضد میکروب

منسوجاتی که خاصیت ضدباکتریایی و ضد میکروبی دارند، به گونه‌ای طراحی شده‌اند که از رشد باکتری‌ها، قارچ‌ها و سایر میکروب‌ها جلوگیری کنند و در نتیجه بهداشت را بهبود بخشیده و بوی را کاهش دهند. برای دستیابی به خواص ضد میکروبی، این منسوجات تحت انواع عملیات و پیشرفت‌های تکنولوژیکی قرار می‌گیرند. مواد ضدباکتریایی مانند اکسید روی، یون‌های مس یا نانوذرات نقره اغلب در منسوجات گنجانده می‌شوند. این مواد در فرآیندهای متابولیکی اختلال ایجاد می‌کنند یا دیواره‌های سلولی میکروبی را تجزیه می‌کنند تا رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها را متوقف کنند. استفاده از پوشش‌ها یا روکش‌های ضد میکروبی که به الیاف نساجی می‌چسبند تا حتی پس از شستشوها، متعدد، محافظت بادوامی را فراهم کنند، نمونه‌ای از فناوری پیشرفته است. علاوه بر این، برخی از پارچه‌ها از الیاف ضد میکروبی طبیعی مانند کیتوزان یا بامبو ساخته می‌شوند که دارای خواص ضدباکتریایی هستند. این مواد به ویژه برای لباس‌های ورزشی، لباس‌های روزمره و محیط‌های پزشکی که کنترل بو و تمیزی بسیار مهم است، مفید هستند. با کاهش رشد میکروبی، به کاهش خطر عفونت‌ها، سوزش‌های پوستی و بوی نامطبوع کمک می‌کنند. پیشرفت‌های اخیر بر ایجاد

^۱ Ultraviolet Protection Factors

راه‌حل‌های پایدار و سازگار با محیط زیست برای مقابله با باکتری‌ها با استفاده از مواد طبیعی یا زیست‌تخریب‌پذیر متمرکز شده‌اند تا اثرات منفی آنها بر محیط زیست را کاهش دهند. پارچه‌های ضد باکتری و ضد میکروبی در طیف وسیعی از کاربردها، از لباس‌های روزمره گرفته تا مراقبت‌های بهداشتی، حیاتی هستند، زیرا سلامت، راحتی و بهداشت کلی را افزایش می‌دهند.

۴-۶- منسوجات ضد آب

پارچه‌های دافع آب به گونه‌ای ساخته شده‌اند که در برابر جذب رطوبت مقاومت کنند و حتی در محیط‌های مرطوب نیز خشک و قابل استفاده باشند. این منسوجات دارای پوشش‌ها و عملیات خاصی هستند که آنها را دافع آب می‌کند. استفاده از پوشش‌های مبتنی بر سیلیکون یا فلوروپلیمرها که سطحی آبگریز ایجاد می‌کنند و باعث می‌شوند آب به جای جذب شدن، از روی پارچه غلت بخورد، یک تکنیک رایج است. علاوه بر این، پوشش‌های دافع آب می‌توانند در طول فرآیند تولید در الیاف نساجی ادغام شوند تا اثربخشی و طول عمر را بهبود بخشند. نانوموادمانند نانو سیلیس یا نانو TiO_2 در فناوری‌های پیشرفته برای ایجاد یک اثر دافع آب قوی و بادوام بدون تغییر بافت یا قابلیت تنفس پارچه استفاده می‌شوند. این مواد معمولاً در محیط‌های صنعتی که در معرض رطوبت مکرر هستند و همچنین در لباس‌های فضای باز مانند چادر، کت و کفش استفاده می‌شوند. پوشش‌های دافع آب همچنین نیاز به تمیز کردن منظم را کاهش می‌دهند و به جلوگیری از لکه‌ها کمک می‌کنند که اثرات مثبتی بر محیط زیست و اقتصاد دارند. تحقیقات فعلی بر توسعه مواد دافع آب پایدار و سازگار با محیط زیست متمرکز است که نیاز به مواد شیمیایی خطرناک را کاهش داده و کیفیت کلی محیط زیست را افزایش می‌دهند. مواد دافع آب به طور کلی راحتی و عملکرد را بهبود می‌بخشند، که آنها را برای خشک نگه داشتن لباس و پوشاک در شرایط مختلف ضروری و مفید می‌کند.

۵-۶- منسوجات ضد روغن

منسوجات دافع روغن به گونه‌ای طراحی شده‌اند که در برابر ورود روغن و گریس مقاومت کنند، که آنها را برای کاربردهایی که شامل تماس مکرر با مواد چرب است، ایده‌آل می‌کند. این منسوجات دارای پوشش‌ها یا پرداخت‌های منحصر به فردی هستند که به مواد، ویژگی‌های روغن‌گریز و آبگریز می‌دهند. پوشش‌های مبتنی بر فلوروکربن، یک روش درمانی رایج هستند که از لکه‌ها جلوگیری می‌کنند و با ایجاد مانعی که هم آب و هم روغن را دفع می‌کند، تمیز کردن پارچه‌ها را آسان‌تر می‌کنند. یک استراتژی جایگزین، استفاده از فناوری نانو است که در آن سطح پارچه با نانوذراتی مانند دی اکسید تیتانیوم یا سیلیس، برای افزایش مقاومت آن در برابر روغن و گریس، درمان می‌شود. با تغییر ساختار سطح پارچه، این درمان‌ها احتمال چسبیدن روغن به آن را کاهش می‌دهند. در بخش‌هایی که مقاومت در برابر لکه و نشت ضروری است، مانند صنایع خودرو، خدمات غذایی و مراقبت‌های بهداشتی، منسوجات دافع روغن به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. آنها همچنین به حفظ نظافت و افزایش عمر لباس‌ها هنگام پوشیدن روزانه، مانند لباس‌های غیررسمی و تجاری، کمک می‌کنند. پیشرفت‌های فعلی بر ایجاد روش‌های دفع روغن با استفاده از مواد شیمیایی سازگار با محیط زیست، زیست‌تخریب‌پذیر و کم‌خطرتر متمرکز هستند. از طریق این پیشرفت‌ها، منسوجات دافع روغن همچنان مقاومت فوق‌العاده‌ای در برابر لکه و ریزش ارائه می‌دهند و در عین حال تعادلی بین مسئولیت‌پذیری زیست‌محیطی و عملکرد مؤثر برقرار می‌کنند.

۶-۶- منسوجات ضد چروک

هدف از منسوجات مقاوم در برابر چروک، صاف نگه داشتن پارچه و جلوگیری از چروک شدن آن است تا لباس‌ها و سایر مواد با نیاز به نگهداری کمتر، براق و نو به نظر برسند. معمولاً برای دستیابی به مقاومت در برابر چروک، افزودن الیاف منحصر به فرد به پارچه یا استفاده از روش‌های شیمیایی مورد نیاز است. استفاده از پرداخت‌های مبتنی بر رزین، مانند فرمالدئید یا مشتقات آن، یکی از تکنیک‌های محبوب است. اخیراً، نانوذراتی مانند TiO_2 ، Ag و SiO_2 بیشتر به عنوان جایگزین‌هایی برای مقاومت در برابر چروک غیر فرمالدئیدی استفاده می‌شوند که توسط اسید کربوکسیلیک با سلولز پیوند عرضی برقرار می‌کنند که می‌توانند از منابع طبیعی نیز سنتز شوند. این پرداخت‌ها به الیاف پارچه می‌چسبند و ظاهری بادوام و مقاوم در برابر چروک ایجاد می‌کنند. این پرداخت‌ها مانعی ایجاد می‌کنند که پارچه را از چروک شدن حفظ می‌کند و شکل خود را پس از شستشو و پوشیدن حفظ می‌کند. استفاده از

الیاف مصنوعی، مانند پلی استر یا نایلون، که برخلاف الیاف طبیعی مانند پنبه، به طور طبیعی مقاوم در برابر چروک هستند، استراتژی دیگری است. ترکیب الیاف با عناصر الاستیک یا استفاده از روش‌های تثبیت حرارتی برای تثبیت ساختار پارچه، نمونه‌هایی از رویکردهای پیشرفته هستند. این الیاف در لباس‌های مسافرتی و یونیفرم‌ها، که نیاز به بسته‌بندی و باز کردن مکرر دارند، و همچنین پیراهن‌ها و شلوارهای رسمی استفاده می‌شوند. خاصیت ضد چروک آنها، سفر با آنها را راحت‌تر کرده و ظاهری مرتب را تضمین می‌کند.

۷-۶- نانو منسوجات ضد بو

فناوری نانو پیشرفته در نانو منسوجات ضد بو برای رفع مشکل پایدار ایجاد بو در منسوجات استفاده می‌شود. این منسوجات با پوشش‌ها یا نانوذراتی طراحی شده‌اند که به طور فعال از رشد قارچ‌ها و باکتری‌های ایجادکننده بو جلوگیری می‌کنند. نانو ساختارها با پاره کردن غشاهای سلولی میکروبی یا جذب مولکول‌های بو، بوها را قبل از اینکه قابل تشخیص شوند، به طور مؤثر خنثی می‌کنند. پارچه‌های نانو ضد بو مزایای زیادی دارند. از آنجا که تازگی و بهداشت طولانی‌مدت را فراهم می‌کنند، برای لباس‌های روزمره، لباس‌های ورزشی و لباس‌های ورزشی که کنترل بو در آنها بسیار مهم است، عالی هستند. این مواد با کاهش ایجاد بو، به ویژه در شرایط مرطوب یا دشوار، راحتی و اعتماد به نفس پوشنده را بهبود می‌بخشند. علاوه بر این، با کاهش دفعات شستشوی مورد نیاز برای حفظ تازگی، پارچه‌های نانو ضد بو پایداری را افزایش می‌دهند. این امر عمر لباس را افزایش می‌دهد و در عین حال در مصرف انرژی و آب نیز صرفه‌جویی می‌کند. ترکیب فناوری نانو در این منسوجات، طرح‌های پارچه‌ای سبک و قابل تنفس را ارتقا می‌دهد و راحتی و کاربردی بودن را تضمین می‌کند.

۸-۶- نانو منسوجات ضد الکتریسیته ساکن

فناوری نانو در پارچه‌های نانو ضد الکتریسیته ساکن برای بهبود مقاومت در برابر الکتریسیته ساکن استفاده می‌شود. با استفاده از فناوری نانو، می‌توان الیاف نساجی را با نانوذرات یا پوشش‌های بسیار نازکی که به طور فعال بارهای ساکن را در سطح میکروسکوپی کنترل می‌کنند، کاشت. نانوذرات رسانا مانند گرافن، نانولوله‌های کربنی یا نانوذرات فلزی مانند مس یا نقره اغلب در این منسوجات استفاده می‌شوند. این مواد به این دلیل انتخاب شدند که با اجازه دادن به الکترون‌ها برای حرکت، بارهای ساکن را به طور مؤثر پراکنده می‌کنند و این امر مانع از تجمع الکتریسیته ساکن روی سطح پارچه می‌شود. مزایای مختلفی برای استفاده از فناوری نانو در منسوجات ضد الکتریسیته ساکن وجود دارد. در مقایسه با روش‌های معمول ضد الکتریسیته ساکن، این فناوری یک راه‌حل قوی‌تر و کارآمدتر ارائه می‌دهد. قابلیت‌های ضد الکتریسیته ساکن نانوذرات به دلیل مقاومت در برابر سایش و شستشو، طولانی مدت است. علاوه بر این، صنایع مختلفی که الکتریسیته ساکن ممکن است در آنها خطرناک باشد، مانند تولید لوازم الکترونیکی، اتاق‌های تمیز و مراکز بهداشتی، برای منسوجات نانو ضد الکتریسیته ساکن مناسب هستند. این پارچه‌ها با کاهش بارهای ساکن به افزایش تمیزی، ایمنی و اثربخشی عملیاتی در این مناطق حساس کمک می‌کنند.

۹-۶- نانو منسوجات پوشیدنی

منسوجات نانویی پوشیدنی که از فناوری نانو برای بهبود عملکرد، راحتی و کارایی استفاده می‌کنند، اختراعی متحول‌کننده در صنعت پوشاک و لوازم جانبی هستند. از تولید نخ گرفته تا تکمیل پارچه، این منسوجات از نانوذرات در مراحل مختلف تولید استفاده می‌کنند تا کیفیت‌های ویژه‌ای را ارائه دهند که طیف وسیعی از نیازهای مشتری را برآورده می‌کند. این منسوجات دارای حسگرهای نانو و نانوالکترونیک هستند. این حسگرها می‌توانند علائم حیاتی از جمله ضربان قلب، دما و سطح هیدراتاسیون را ردیابی کنند و به کاربران یا متخصصان پزشکی در زمان واقعی بازخورد دهند. ایجاد فناوری پوشیدنی پیشرفته که قابل حمل، انعطاف‌پذیر و راحت برای استفاده روزانه است، با این ادغام فناوری نانو امکان‌پذیر شده است.

۱۰-۶- منسوجات پزشکی

کنترل عفونت یکی از حوزه‌های مهمی است که در آن از نانو منسوجات پزشکی استفاده می‌شود. پارچه‌های حاوی نانوذرات یا پوشش‌هایی با خواص ضد میکروبی می‌توانند با موفقیت رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها را متوقف کنند. این امر به ویژه در محیط‌های پزشکی

که کاهش احتمال عفونت بسیار مهم است، اهمیت دارد. حوزه دیگری که در آن از نانو پارچه‌های پزشکی استفاده می‌شود، پانسمان زخم است. می‌توان نانوالیاف و نانوکامپوزیت‌ها را مهندسی کرد تا پانسمان‌هایی ساخته شوند که بهبود سریع‌تر را تسریع می‌کنند، جای زخم را کاهش می‌دهند و به عنوان مانعی در برابر ناخالصی‌های خارجی عمل می‌کنند و در عین حال محیطی مرطوب را حفظ می‌کنند که به بهبود کمک می‌کند. علاوه بر این، قرار است از نانو پارچه‌ها در لباس‌های جراحی، ماسک‌ها و سایر لباس‌های محافظ استفاده شود. برای بهبود ایمنی و راحتی در طول مراحل پزشکی، این پارچه‌ها ممکن است شامل ویژگی‌هایی مانند قابلیت تنفس، مقاومت در برابر رطوبت و حتی توانایی تمیز کردن خود باشند.

۱۱-۶- تنظیم حرارتی

با جذب و آزادسازی گرما، نانومواد می‌توانند مواد تغییر فاز می‌توانند به منسوجات اضافه شوند تا با تغییر فاز آنها از مایع به جامد، دما را کنترل کنند. با تنظیم تغییرات دمای بدن و محیط اطراف، این ویژگی راحتی در لباس و ملافه را بهبود می‌بخشد.

۱۲-۶- خواص خود تمیز شوندگی

وقتی منسوجات در معرض نور قرار می گیرند، نانوذراتی مانند دی اکسید تیتانیوم می توانند به آنها خواص فوتوکاتالیستی بدهند که باعث ایجاد اثرات خودتمیز شوندگی می شود. این امر باعث افزایش تمیزی و زیبایی پارچه شده و نیاز به تمیز کردن مکرر را کاهش می دهد.

۱۳-۶- راندمان فیلتراسیون

مساحت سطح بالا و ساختار منافذ ریز نانوالیاف، آنها را به انتخابی عالی برای محیط های فیلتراسیون تبدیل می کند. آنها در فیلترهای آب و هوا برای جمع آوری کارآمدتر بیماری ها، آلاینده ها و ذرات بسیار ریز نسبت به فیلترهای سنتی استفاده می شوند.

۱۴-۶- رسانایی

با ترکیب گرافن و نانولوله های کربنی در پارچه ها، می توان آنها را رسانا کرد. این پارچه های هوشمند با فراهم کردن امکان انتقال پالس های الکتریکی، کاربردهایی را در لوازم الکترونیکی پوشیدنی، نظارت بر سلامت و لباس های تعاملی ایجاد می کنند.

۷- چالش های فنی و اقتصادی نانو منسوجات

موانع تکنولوژیکی متعددی مانع از استفاده گسترده مواد نانو نساجی می شوند. اطمینان از عملکرد یکنواخت و طولانی مدت نانوذرات و نانوپوشش های اعمال شده بر روی منسوجات، نگرانی قابل توجهی است. این مواد باید در برابر شستشوی مکرر، سایش و قرار گرفتن در معرض محیط زیست مقاومت کنند و در عین حال ویژگی های عملکردی خود مانند رسانایی، دفع آب و فعالیت ضد میکروبی را حفظ کنند. همچنین توزیع و چسباندن نانوذرات روی سطوح نساجی دشوار است.

۸- روندهای نوظهور و چشم اندازهای آینده نانومنسوجات سبز

نانومنسوجات سبز روش های خلاقانه ای برای بهبود عملکرد منسوجات و در عین حال کاهش اثرات زیست محیطی ارائه می دهند و مرز جدیدی را در پیوند با پایداری و فناوری پیشرفته نشان می دهند. تولید و مصرف منسوجات پایدار می تواند در آینده با پیشرفت ها و فرصت های جدید در این حوزه شکل گیرد.

۹- نتایج

در این مقاله مروری، پتانسیل مواد نانو نساجی سبز برای ایجاد انقلابی در صنعت نساجی از نظر پایداری زیست محیطی و عملکرد عملکردی برجسته شده است. در گذشته، ایجاد نانومواد به طور قابل توجهی باعث بهبود کیفیت پارچه و کاهش اثرات زیست محیطی شده است. در حال حاضر، این پیشرفت ها به طور قابل توجهی باعث افزایش مقاومت، بهره وری انرژی و کیفیت خود تمیز شوندگی منسوجات شده است که به تولید کمک می کند.

منابع

- ۱- M. Joshi, A. Bhattacharyya, Nanotechnology – a new route to high-performance functional textiles, *Text. Prog.* vol. ۴۳ (۳) (Sep. ۲۰۱۱) ۱۵۵–۲۳۳, <https://doi.org/10.1080/0040167.2011.570027>.
- ۲- C. Osagie, A. Othmani, S. Ghosh, A. Malloum, Z. Kashitarash Esfahani, S. Ahmadi, Dyes adsorption from aqueous media through the nanotechnology: a review, *J. Mater. Res. Technol.* vol. ۱۴ (Sep. ۲۰۲۱) ۲۱۹۵–۲۲۱۸, <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.07.080>.
- ۳- S. Malik, K. Muhammad, Y. Waheed, Nanotechnology: a revolution in modern industry, *Molecules* vol. ۲۸ (۲) (Jan. ۲۰۲۳) ۶۶۱, <https://doi.org/10.3390/molecules28020661>.
- ۴- O.M. Darwesh, S.S. Ali, I.A. Matter, T. Elsamahy, Nanotextiles waste management: controlling of release and remediation of wastes. in *Nanosensors and Nanodevices for Smart Multifunctional Textiles*, Elsevier, ۲۰۲۱, pp. ۲۶۷–۲۸۶, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820777-2.0016-9>.
- ۵- L. Hu, Y. Cui, Energy and environmental nanotechnology in conductive paper and textiles, *Energy Environ. Sci.* vol. ۵ (۴) (۲۰۱۲) ۶۴۲۳, <https://doi.org/10.1039/c2ee02414d>.
- ۶- M. Joshi, A. Bhattacharyya, Nanotechnology – a new route to high-performance functional textiles, *Text. Prog.* vol. ۴۳ (۳) (Sep. ۲۰۱۱) ۱۵۵–۲۳۳, <https://doi.org/10.1080/0040167.2011.570027>.
- ۷- P.S. Aithal, S. Aithal, Opportunities and Challenges for Green and Eco-Friendly Nanotechnology in Twenty-First Century. *Sustainable Nanotechnology*, Wiley, ۲۰۲۲, pp. ۳۱–۵۰, <https://doi.org/10.1029/9781119602994.ch3>.
- ۸- P. Davies, Toxicity of silver to rainbow trout (*Salmo gairdneri*), *Water Res* vol. ۱۲ (۲) (۱۹۷۸) ۱۱۳–۱۱۷, [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(78\)90014-3](https://doi.org/10.1016/0043-1354(78)90014-3).
- ۹- M. Grosell, C.J. Brauner, S.P. Kelly, J.C. McGeer, A. Bianchini, C.M. Wood, Physiological responses to acute silver exposure in the freshwater crayfish (*Cambarus diogenes diogenes*)—a model invertebrate, *Environ. Toxicol. Chem.* vol. ۲۱ (۲) (Feb. ۲۰۰۲) ۳۶۹–۳۷۴, <https://doi.org/10.1002/etc.5620210220>.
- ۱۰- H. Ghazal, N. Khaleed, E. Abdelaziz, Significance Advantages, and Disadvantages of Nanotechnology in Textile Finishing, *Egypt J. Chem.* vol. ۶ (۶) (Mar. ۲۰۲۳), <https://doi.org/10.21608/ejchem.2023.190121.7624>.
- ۱۱- S.F. Ahmed, et al., Green approaches in synthesising nanomaterials for environmental nanobioremediation: technological advancements, applications, benefits and challenges, *Environ. Res* vol. ۲۰۴ (Mar. ۲۰۲۲) ۱۱۱۹۶۷, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111967>.
- ۱۲- J.E. Hutchison, The road to sustainable nanotechnology: challenges, progress and opportunities, *ACS Sustain. Chem. Eng.* vol. ۴ (۱۱) (Nov. ۲۰۱۶) ۵۹۰۷–۵۹۱۴, <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b02121>.

- ۱۳- R. Rathinamoorthy, Circular fashion. Circular Economy in Textiles and Apparel, Elsevier, ۲۰۱۹, pp. ۱۳-۴۸, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-1۰۲۶۳۰-۴,۰۰۰۰۲-۹>.
- ۱۴- T.-L. Chen, H. Kim, S.-Y. Pan, P.-C. Tseng, Y.-P. Lin, P.-C. Chiang, Implementation of green chemistry principles in circular economy system towards sustainable development goals: challenges and perspectives, Sci. Total Environ. vol. ۷۱۶ (May ۲۰۲۰) ۱۳۶۹۹۸, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.۲۰۲۰.۱۳۶۹۹۸>.
- ۱۵- A.D. Pranta, M.T. Rahaman, Extraction of eco-friendly natural dyes and biomordants for textile coloration: A critical review, Sep. ۰۱, Elsevier B.V, ۲۰۲۴, <https://doi.org/10.1016/j.nanoso.۲۰۲۴.۱۰۱۲۴۳>.
- ۱۶- G. Bystrzejewska-Piotrowska, J. Golimowski, P.L. Urban, Nanoparticles: their potential toxicity, waste and environmental management, Waste Manag. vol. ۲۹ (۹) (Sep. ۲۰۰۹) ۲۵۸۷-۲۵۹۵, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.۲۰۰۹.۰۴.۰۰۱>.
- ۱۷- [۹۸] H.-C. Yang, W.-H. Wang, K.-S. Huang, M.-H. Hon, Preparation and application of nanochitosan to finishing treatment with anti-microbial and anti-shrinking properties, Carbohydr. Polym. vol. ۷۹ (۱) (Jan. ۲۰۱۰) ۱۷۶-۱۷۹, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.۲۰۰۹.۰۷.۰۴۵>.
- ۱۸- L. Hiremath and N.S. Kumar, Development of Antimicrobial Smart Textiles Fabricated with Magnetite Nano Particles Obtained Through Green Synthesis, ۲۰۱۸. [Online]. Available: www.sciencedirect.comwww.materialstoday.com/proceedings.
- ۱۹- P. Velusamy, K. Kiruba, K.N. Rajnish, T. Madhavan, P. Anbu, Recent advances in the development of antimicrobial nanotextiles for prevention of infectious diseases transmission in healthcare workers. in green chemistry for sustainable textiles, Elsevier, ۲۰۲۱, pp. ۱۷-۲۶, <https://doi.org/10.1016/B978-0-۳۲۳-۸۵۲۰-۴-۳,۰۰۰۱۹-۱>.
- ۲۰- N.A. Ibrahim, B.M. Eid, M.S. Abdel-Aziz, Green synthesis of AuNPs for ecofriendly functionalization of cellulosic substrates, Appl. Surf. Sci. vol. ۳۸۹ (Dec. ۲۰۱۶) ۱۱۸-۱۲۵, <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.۲۰۱۶.۰۷.۰۷۷>.