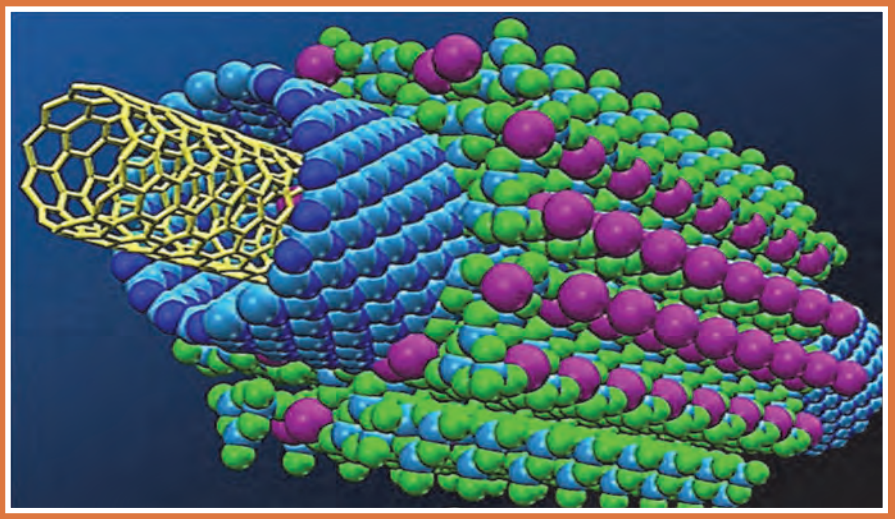
پودمان ۴

تحلیل نانومواد در نساجی



آیا می‌دانید که:

- نانومقیاس ونانو ساختار چیست؟
- کاربرد مواد نانو در تکمیل پارچه چیست؟
- مواد نانو چگونه باعث ضدچروک و ضدآب و ضدباکتری و ضدآتش می‌شوند؟
- چگونه می‌توان از مصرف آب در صنعت نساجی کاست؟
- چرا و چگونه آب را در صنعت نساجی بازیافت و دوباره مصرف می‌کنند؟
- چرا با اینکه رنگرزی‌های بدون آب گران قیمت هستند ولی استفاده از آن گسترش می‌یابد؟
- چگونه نانو الیاف ساخته می‌شوند؟

استاندارد عملکرد

پس از آموزش این پودمان انتظار می‌رود نانو مواد را تعریف کند و روش ساخت بعضی از آنها را بیان کند و روش‌های صرفه‌جویی در آب را فرا گیرد و نحوه ساخت موادی که باعث صرفه‌جویی مواد نساجی و انرژی مصرفی می‌گردد را بیاموزد.

شایستگی ۱ــ تحلیل نانومواد در صنعت نساجی

نانو چیست؟

نانو از واژه یونانی«Nanos» به معنای کوتوله استخراج شده است. نانو یک ماده یا جسم نیست؛ بلکه فقط یک مقیاس با تأثیرات بسیار بزرگ در زندگی انسان می‌باشد. قدمت علم نانو به شروع حیات روی کره زمین بر می‌گردد. اولین مهندس فناوری نانو در حقیقت خود طبیعت می‌باشد. جانوران نرم‌تن صدف‌دار و حلزون‌ها، صدف‌های بسیار سختی را می‌سازند که در واحد نانو، دارای ساختار بسیار مستحکمی می‌باشند. نانو در گذشته به فیزیک اتمی شهرت داشت. پس از کاربردی‌شدن آن، به نانو شهرت یافت که کاربردی‌شدن آن، زندگی انسان را متحول ساخت. قرن بیست و یکم؛ قرن فناوری نانو، مهم‌ترین دوران صنعتی بشر خواهد بود. قرن معاصر، قرن نانو، قرن سلامتی، صرفه‌جویی و آرامش نامیده می‌شود.

واژه نانو همانند سانتی، میلی، دسی، کیلو، میکرون، مگا و... یک پیشوند اندازه و به معنای یک میلیاردم یا (10^{-9}) هر مقیاس یا کمیت می‌باشد. در نانو، تعداد ذرات مهم نیست؛ بلکه اندازه و بزرگی ذرات مهم می‌باشد. هرگاه حداقل یک بُعد از ابعاد ماده بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد، به آن ماده «نانوماده» گفته می‌شود.

چهار نوع نانوذره بر اساس تعداد ابعاد نانو موجود می‌باشد:

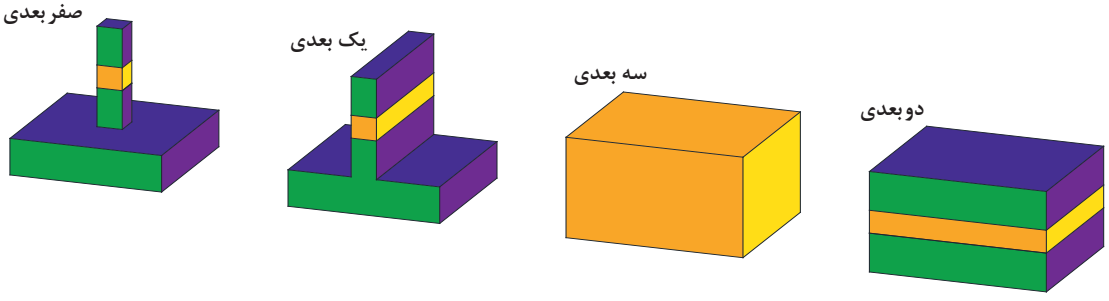
۱ صفر بعدی یا نانوذرات

۲ یک بعدی مثل نانوسیم، نانو لوله و نانوالیاف

۳ دو بعدی یا نانوپوشش‌ها مثل نانوپوشش ضدآب

۴ سه بعدی مثل نانو کامپوزیت، مواد حجیم نانو ساختار

درصورتی که هیچ کدام از ابعاد، خارج از محدوده مشخص شده نباشد، نانوذره، صفربعدی یا نانوذرات اطلاق می‌شود. در شکل ۱ انواع نانوذرات بر اساس تعداد ابعاد آزاد با رنگ زرد نشان داده شده است.



شکل ۱ــ انواع نانوذرات (زرد رنگ) بر اساس تعداد ابعاد آزاد

فناوری نانو (نانوتکنولوژی)

به هر فناوری که با ابعاد ۱۰۰ نانومتر و کوچک‌تر از آن سر و کار دارد، فناوری نانو گفته می‌شود. فناوری نانو، توانمندی طراحی، ساخت، تولید، توسعه، هدایت و کاربرد و بهره‌برداری از خواص و پدیده‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی این مقیاس در مواد، ابزارها و سیستم‌ها و سامانه‌های جدید با در دست گرفتن کنترل سطوح مولکولی و اتمی مواد در ابعاد حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد. از فناوری نانو به عنوان رنسانس فناوری و روان‌کننده جریان سرمایه‌گذاری یاد می‌شود. یک نانومتر معادل یک میلیاردم متر می‌باشد. این مقدار حدود ۴ تا ۱۰ برابر قطر یک اتم می‌باشد. مکعبی به ابعاد ۲/۵ نانومتر حدود ۱۰۰۰ عدد اتم را در خود جا می‌دهد. برای تجسم بهتر می‌توان تار موی انسان را مثال زد که اگر قطر آن در حدود ۶۰ هزار نانومتر باشد در مقایسه با جسمی به قطر ۶۰ نانومتر، ۱۰۰۰ برابر بزرگ‌تر است.

ورود محصولات متکی بر این فناوری جهشی بسیار عظیم در رفاه و کیفیت زندگی و توانمندی دفاعی و زیست‌محیطی به همراه خواهد داشت و موجب تحولات بزرگ اقتصادی می‌گردد. شاید بتوان گفت که تسخیرکنندگان علم و فناوری آینده در سه گروه فناوری اطلاعات، نانو فناوری و زیست‌فناوری خلاصه می‌شوند. فناوری نانو به دلیل پتانسیل بسیار بزرگی که برای ایجاد تغییرات در زندگی انسان‌ها دارد از دهه‌های آخر قرن بیستم مورد توجه بسیاری از دانشمندان و پژوهشگران قرار گرفته است. فناوری نانو با تسلط انسان بر اتم و دست‌کاری و آرایش‌دادن مجدد اتم‌ها، پیامدهای بسیار عظیمی در پی داشته است. همه فنونی که انسان در طول تاریخ جهت تولید قطعات مختلف استفاده کرده است؛ نظیر ذوب‌کردن، چکش‌کاری، قالب‌گیری و... به منظور تغییر چیدمان اتم‌های آن ماده بوده است. حرارت‌دادن به مواد جامد جهت ذوب‌کردن آنها، باعث فعال‌شدن اتم‌ها و تغییر حالت ماده از جامد به مایع می‌شود که هنگام انجماد در قالب مورد نظر نظم جدید و دلخواه به اتم‌ها داده می‌شود. در فناوری نانو، به اتم‌ها به صورت تک‌تک و دلخواه نظم می‌دهند و به‌طور مستقیم، قطعه موردنظر با کیفیت عالی ساخته می‌شود. علم میان‌رشته‌ای نانو، تمام علوم را در برگرفته است؛ به‌طوری که امروزه علوم و فناوری نانو در صنایع سنگین، نساجی و پوشاک، بهداشتی و آرایشی، کشاورزی، شیمیایی، برق و کامپیوتر، خودروسازی، نظامی، هوافضا، دریایی، عمران و ساختمان، راه‌سازی، غذایی، پتروشیمی، معدن، داروسازی، و... به سرعت در حال گسترش می‌باشد و دستاوردهای شگرفی داشته است.

بهره‌گیری از خواص ماده در مقیاس نانو، فواید و منافع بسیار زیادی دارد که موجب تحولات اساسی در زندگی انسان می‌شود. صرفه جویی در مصرف انرژی، صرفه‌جویی اقتصادی، صرفه جویی در زمان، کاهش هزینه‌های تولید، افزایش کیفیت محصولات، افزایش کیفیت استانداردهای زندگی، ایجاد زندگی سالم، کاهش وابستگی اقتصادی، افزایش درآمدهای ملی، کاهش سوخت‌های فسیلی، گسترش کامپیوترهای کوچک و کم مصرف، گسترش سطوح و لباس‌های همیشه تمیز و هوشمند، حذف آلاینده‌های شهری و صنعتی، حذف عوامل خطرناک جنگ‌های شیمیایی و میکروبی، ارسال دقیق دارو به نقاط موردنظر بدن، افزایش طول عمر انسان‌ها، گسترش تجهیزات نظامی هوشمند و... از مهم‌ترین فواید بهره‌گیری از فناوری نانو می‌باشد.

عکس و فیلم

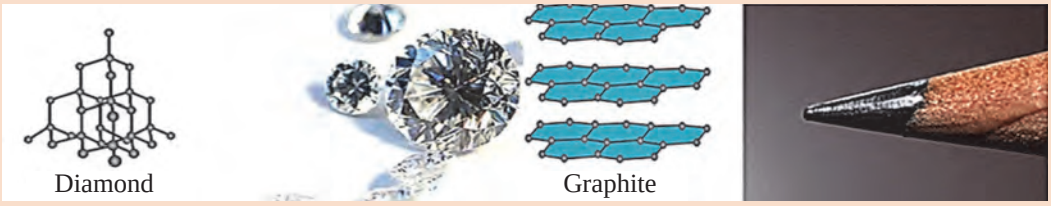
با کمک فناوری IT، فیلم، عکس، انیمیشن، طرح واره‌هایی از کاربردهای فناوری نانو در حوزه‌های مختلف نمایش داده شود.

تغییرات خواص مواد در شرایط نانو

رنگ، شفافیت، خواص الکتریکی، خواص مغناطیسی، میزان سختی، میزان حلالیت، نقطه ذوب، سرعت واکنش، میزان واکنش‌پذیری، رسانایی، الاستیسیته، استحکام، درصد ازدیاد طول، چگونگی ساختار اتصالات و پیوندهای شیمیایی و... از جمله خواص فیزیکی و شیمیایی مواد در ابعاد معمولی (ماکروسکوپی و قابل مشاهده) می‌باشند که بنابر تحقیقات علمی و تجربه در شرایط عادی، قابل تغییر نمی‌باشند و مواد از این طریق شناسایی می‌شوند.

تحقیق کنید۱

گرافیت نرم و الماس سخت هر دو از اتم‌های کربن تشکیل شده‌اند. علت اختلاف میزان سختی این دو ماده چیست؟



شکل۲ـ ساختار گرافیت لایه‌ای و الماس شبکه‌ای

در مقیاس نانو به علت افزایش اثرات سطحی و کوانتومی در مواد، ویژگی‌ها و خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی، و بیولوژیکی جدید در مواد حاصل می‌شود؛ به‌طوری که اگر برخی ازمواد را در اندازه حدود ۱ تا ۱۰۰نانومتر کوچک‌تر کنید، اثر متقابل اتم‌ها با یکدیگر افزایش می‌یابد و امکان کنترل برخی از خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در مواد به‌وجود می‌آید که همین امر منجر به ایجاد خصوصیات جدید و تولید محصولات و فناوری‌های جدید با کارایی بالاتر و خواص جدید می‌گردد.

در ادامه به برخی از تغییرات خواص مواد در مقیاس نانو و ایجاد خواص جدید در مواد پرداخته می‌شود:

تغییر رنگ

طلای خالص در حالت معمولی، زرد رنگ می‌باشد و رسانای نور نمی‌باشد، ولی همین ماده بسته به مقیاس‌های نانو می‌تواند به رنگ‌های قرمز، بنفش، نارنجی یا متمایل به سبز ظاهر شود که قادر به جذب نور می‌باشد. یکی از مهم‌ترین دلایل این تفاوت‌ها، افزایش نسبت مساحت سطحی مواد در مقیاس نانو می‌باشد. وقتی یک ذره به مقیاس نانو می‌رسد، مساحت سطح کل آن افزایش می‌یابد؛ در واقع وقتی که اندازه ذره کاهش می‌یابد، تعداد اتم‌هایی که در سطح ماده قرار می‌گیرند، نسبت به حالت توده یا معمولی افزایش می‌یابد و خصوصیات جدید و غیر منتظره‌ای ایجاد می‌کند.

ایرانیان در قرن‌های چهارم تا هفتم هجری از نانوذرات نقره و مس برای تزیین لعاب سفال‌های خود استفاده می‌کرده‌اند. نانوذرات طلا و نقره موجود در جام لیکرگوس در شهر رم در نور روز به رنگ سبز و با تاباندن نور به داخل جام به‌رنگ قرمز و صورتی دیده می‌شود. در شکل۳ تصویر جام لیکرگوس در نور روز و پس از تاباندن نور به داخل آن مشاهده می‌شود.

شکل ۳ــ تصویر جام لیکرگوس در نور روز و پس از تاباندن نور به داخل آن

تغییر واکنش‌پذیری

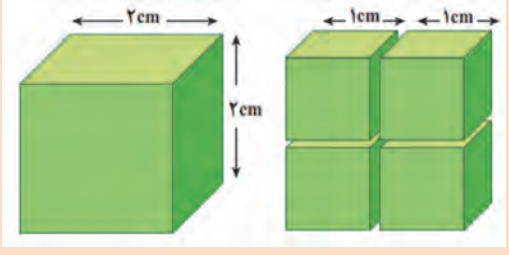
موادی نظیر طلا و اکسید آلومینیوم در حالت معمولی در معرض هوای آزاد هیچ واکنشی انجام نمی‌دهند. با تغییر این مواد به ابعاد نانویی، سطح تماس این ذرات با محیط اطراف افزایش می‌یابد و بالطبع باعث افزایش واکنش‌پذیری این مواد می‌گردد. این واکنش آن قدر زیاد می‌باشد که از نانوذرات اکسید آلومینیوم به‌عنوان سوخت موشک و از نانوذرات طلا به عنوان کاتالیزور استفاده می‌گردد.

بزرگ‌تر شدن مساحت سطحی مواد، سطح بیشتری از مواد را نسبت به اتم‌های درون ساختار یک ماده، برای برهم‌کنش و واکنش‌پذیری آن ماده ایجاد می‌کند (اثر سطحی). افزایش واکنش‌پذیری مواد با کاهش اندازه ذرات، به این علت می‌باشد که اتم‌های داخل ماده به دلیل تعداد زیاد اتم‌های اطراف آن و تکمیل ظرفیت و پایداری، تمایلی به انجام واکنش ندارند؛ اما اتم‌هایی که در سطح ماده می‌باشند با تعداد کمتری اتم در ارتباط می‌باشند؛ بنابراین ظرفیتشان ناقص و به علت ناپایداری، واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به اتم‌های داخل ماده دارند تا به سطح انرژی پایین‌تری برسند. حل شدن سریع شکر نسبت به قند بر این مطلب دلالت می‌کند.

از طریق تغییر در آرایش اتم‌ها، تغییر طول پیوند و زاویهٔ پیوند، اتم‌ها به پایداری می‌رسند که این تغییرات سبب تغییر در خواص ماده می‌گردد. در زمان کار با نانوذرات، جهت جلوگیری از چسبیدن نانوذرات به یکدیگر و خطر کلوخه‌شدن آن، از مواد سطح فعال با دو سر آب‌دوست (قطبی) و آب‌گریز (غیر قطبی) استفاده می‌شود که با ایجاد دافعه الکتریکی و ممانعت فضایی مانع از به هم چسبیدن مجدد نانوذرات به یکدیگر و ایجاد کلوخه می‌گردد.

فعالیت کلاسی ۱

فرض کنید یک قطعه به شکل مکعب به ابعاد ۲ سانتی‌متر موجود باشد. درصورتی‌که این مکعب را به ۸ مکعب با ابعاد ۱ سانتی‌متر تقسیم کنید، سطح آزاد چند برابر می‌شود؟ با افزایش سطح تماس چه اتفاقی می‌افتد؟



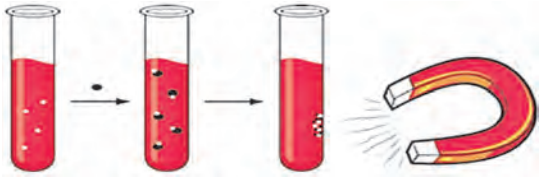
شکل ۴ــ تأثیر اثرات سطحی اجسام در جهت بر هم‌کنش

تغییر شفافیت

شفافیت، میزان توانایی هر ماده در عبور نورمرئی از خود را مشخص می‌کند. هرچه میزان عبور نور از یک ماده بیشتر باشد، آن ماده شفاف‌تر خواهد بود. با توجه به خصوصیات هر ماده، آن ماده می‌تواند مقداری از نور را از خود عبور دهد و مابقی نور را جذب یا بازتاب کند. کرم‌های ضدآفتاب حاوی اکسید روی و تیتانیوم از مواد بسیار مفید برای جذب نور فرابنفش می‌باشند که نور مرئی را بازتاب می‌کنند و در سطح صورت به رنگ سفید مشاهده می‌شوند که جهت مصرف‌کننده ناخوشایند می‌باشد؛ حال اگر از نانوذرات اکسید روی و تیتانیوم در کرم‌های صورت استفاده شود، به دلیل اینکه طول موج بازتابیده شده از این مواد از طول موج نور مرئی کمتر می‌باشد؛ بنابراین نور مرئی را عبور می‌دهند و اثر سفیدی کرم بر روی پوست دیده نمی‌شود.

تغییر خواص مغناطیسی

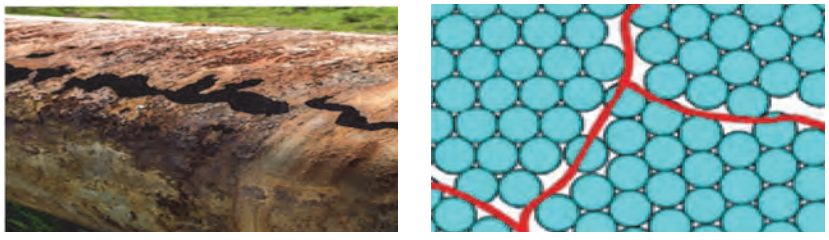
یکی از تغییرات بسیار کاربردی که در ابعاد نانویی برخی از مواد به وجود می‌آید، ایجاد خاصیت مغناطیسی می‌باشد. موادی نظیر طلا و اکسید آلومینیوم هر چنددر حالت معمولی، خاصیت مغناطیسی ندارند، ولی نانوذرات آنها دارای خاصیت مغناطیسی می‌باشند. از خاصیت نانومغناطیسی مواد در پزشکی و داروسازی استفاده می‌شود؛ به‌طوری که استفاده از برخی نانوذرات مغناطیسی باعث انتقال هدفمند دارو می‌شود و با کنترل میدان مغناطیسی خارجی، بعد از وارد شدن به بدن در محل بیماری، آزاد می‌شوند. در شکل ۵ اثر میدان مغناطیسی خارجی بر ذرات نانومغناطیس در خون مشاهده می‌شود.



شکل ۵ــ اثر میدان مغناطیسی خارجی بر ذرات نانومغناطیس

کاهش خوردگی در فلزات

در فلزات، اتم‌ها در حفره‌هایی منظم، به نام دانه قرار گرفته‌اند. اگر ۳ دانه با هم برخورد کنند، به محدوده مشترک بین آنها، مرزدانه گفته می‌شود که متعلق به هیچ دانه‌ای نمی‌باشد و با اتم‌های کناری خود پیوند کمی برقرار می‌کنند. زمانی که یک ماده خورنده در پوشش فلزی نفوذ می‌کند با اتم‌های مرزدانه پیوند تشکیل می‌دهند و مواد جدیدی نظیر زنگ آهن تولید می‌کنند که باعث خوردگی فلز می‌گردد. در برخی فولادهای حاوی نانوذرات مس که مساحت بیشتری از مرزدانه‌ها در معرض مواد خورنده می‌باشند، آثار کمتری از خوردگی و خستگی در فولاد مشاهده می‌شود. به نظر شما علت چیست؟ در شکل ۶ مرزدانه‌های فلزات معمولی در خطر پیوند با مواد خورنده به همراه آثار زیان‌بار آن در خورگی فلزات نشان داده شده است.



شکل ۶ــ مرزدانه‌ها و خوردگی فلزات در خطر پیوند با مواد خورنده

تغییر خواص مکانیکی

خواص مکانیکی مواد تابع اندازه ذرات می‌باشد؛ به‌طوری که با کوچک‌تر شدن اندازهٔ ذرات، خواص مکانیکی آنها نظیر سختی، خستگی، استحکام کششی و... نیز تغییر می‌کند. هرچه مقاومت ماده در برابر خراش و نفوذ اجسام بیشتر باشد، آن ماده سختی بیشتری خواهد داشت. در ماشین‌آلات، مقاومت رنگ ماشین‌آلات در برابر خراش همواره مورد توجه قرار گرفته است. بارها دیده شده است که یک خراش کوچک بر سطح دستگاه و تماس آن قسمت با رطوبت، منجر به پوسیدگی و زنگ زدن بدنه دستگاه می‌گردد. نانو رنگ‌ها و نانو پوشش‌هایی که در رنگ دستگاه استفاده می‌شود چندین برابر رنگ‌های معمولی در برابر عوامل محیطی مقاوم می‌باشند.

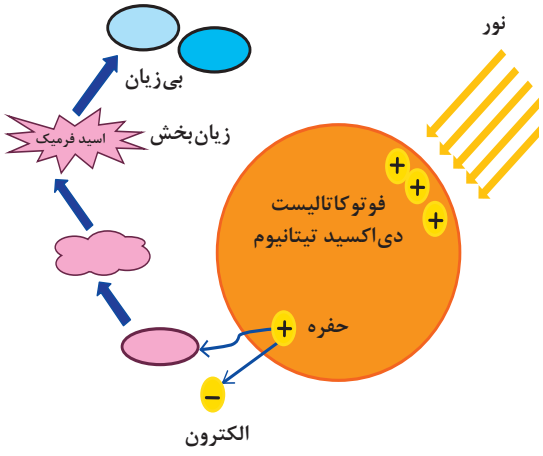
بحث کنید

دو عامل اساسی، نیروهای بین اتمی و ساختار سطحی مواد بر روی سختی مواد تأثیرگذار می‌باشد. به نظر شما دلیل افزایش سختی مواد در ابعاد نانو بر اساس این دو عامل چیست؟

به نیروهایی که به‌دلیل تغییر جهت نیرو، باعث شکستگی در یک ماده می‌شوند، خستگی گفته می‌شود. اگر یک سیم فلزی را چند بار به سمت بالا و پایین خم کنید، پاره یا شکسته می‌شود. بسیاری از سوانح و شکستگی‌ها که در قطعات صنعتی و ماشین‌آلات اتفاق می‌افتد به علت عامل خستگی در فلزات می‌باشد.خاصیت مکانیکی خستگی یک فلز را می‌توان با ریزدانه شدن یک ماده در ابعاد نانو و کاهش عیوب سطحی آن بهبود بخشید.

ایجاد خواص آنتی باکتریال

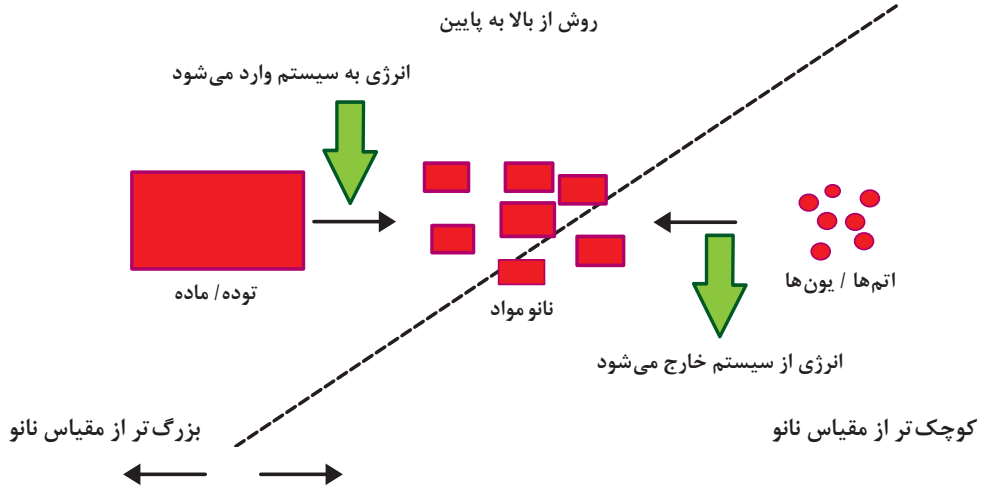
نانوذرات طلا و نقره دارای خواص ضدمیکروب و آنتی‌باکتریال می‌باشند؛ بنابراین میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا (پاتوژن‌ها) بر روی سطح آنها رشد و تکثیر نمی‌کنند. این مواد در لوازم آرایشی، بهداشتی، پوشاک و نساجی استفاده می‌شوند. برخی از مواد آنتی‌باکتریال نظیر نانوذرات اکسیدتیتانیوم و اکسیدروی نیمه‌رسانا با خاصیت فتوکاتالیستی زیادی که دارا می‌باشند، با جذب نور فعال می‌شوند و عامل هیدروکسیل را آزاد می‌کنند. این عامل با انجام واکنش شیمیایی سبب تجزیه ترکیبات آلی نظیر کلر، میکروب و آلاینده‌شده و آنها را به آب و دی‌اکسیدکربن تبدیل می‌کند. در شکل ۷ تأثیر فوتوکاتالیستی نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم بر خواص ضدمیکروبی نشان داده شده است.



شکل ۷ـ تأثیر فعالیت فوتوکاتالیستی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر خواص ضدمیکروبی

روش‌های ساخت مواد نانو

روش‌های ساخت مواد نانو بسیار گسترده می‌باشد. از میان روش‌های ساخت نانوذرات می‌توان به دو روش کلی بالا به پایین و پایین به بالا اشاره کرد.در رویکرد بالا به پایین، اندازه یک ماده توده‌ای و حجیم به‌طور متناسب کاهش می‌یابد تا به یک ماده با ابعاد نانویی برسد. در رویکرد پایین با بالا، از کنار هم قراردادن و دستکاری اتم‌ها با مقیاس کمتر از نانوذرات که ابعاد کوچک‌تری از مقیاس نانو دارند، جهت ساخت یک محصول نانومتری با چیدمان دلخواه استفاده می‌شود. در شکل ۸ روش‌های کلی درساخت مواد نانو نشان داده شده است.



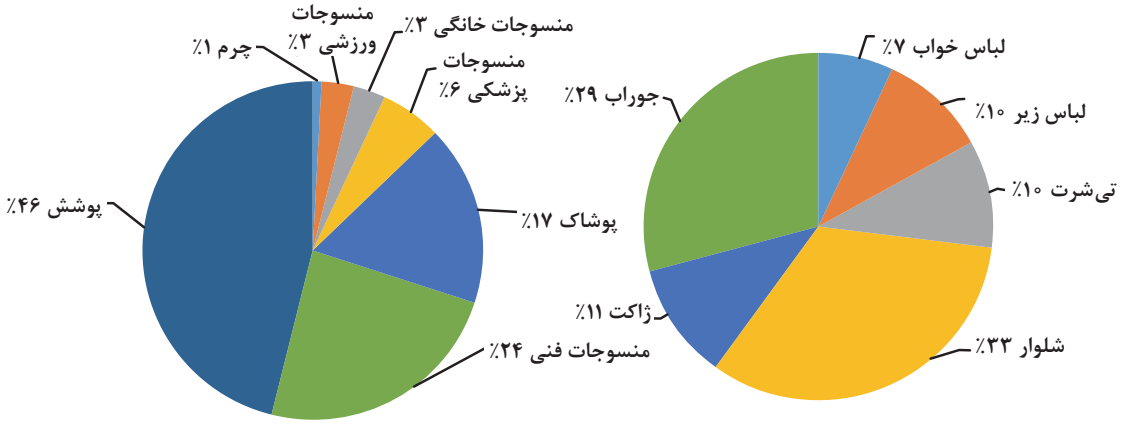
شکل ۸ــ روش‌های کلی ساخت مواد نانو

فناوری نانو در صنعت نساجی

صنعت نساجی یک صنعت دیرپاست که از ابتدایی‌ترین تجهیزات تولید پوشاک آغاز و امروزه به یکی از گسترده‌ترین صنایع جهان تبدیل شده است. این صنعت با زنجیره تولید از مواد اولیه، الیاف، ریسندگی، بافندگی، رنگرزی، چاپ، تکمیل، انواع پوشاک، منسوجات صنعتی، فرش و... همواره میدان گسترده‌ای برای رشد و توسعه فناوری بوده است. در حال حاضر صنعت نساجی به یکی از اولین استفاده‌کننده‌ها از فناوری نانو تبدیل شده است. در صنعت نساجی بیشتر نانو ساختارها (Nano ـ Structure) و نانوپوشش یا نانو مقیاس (Nano ـ Scale) به‌منظور تولید مواد جدید نظیر نانو الیاف، اصلاح، بهبود و ایجاد خواص نوین در سطح و ساختمان مواد، افزایش کیفیت و کارایی محصولات و... به‌کار گرفته می‌شود.

با استفاده از فناوری نانو می‌توان ویژگی‌های اصلی منسوجات از قبیل نرمی، ماندگاری خواص، استحکام، قابلیت جذب رطوبت و... را بهبود بخشید و خواص کاربردی جدیدی از قبیل خواص ضد میکروبی، کند سوزی، ضد آب و لک، ضدسرما و گرما، ضدحشرات، ضدچروک، ضدالکتریسیته ساکن، ضد رنگ پریدگی، ضدسایش، ضدروغن، خود تمیزشوندگی، محافظت در برابر پرتوهای مضر، ضد بو و معطرسازی، کنترل تعرق، افزایش ثبات رنگ و... در منسوجات ایجاد کرد.

پیش‌بینی می‌شود در آینده‌ای نزدیک به مدد فناوری نانو و سایر راه‌حل‌های فناورانه در حوزه نساجی نظیر زیست‌فناوری و تکسترونیک و...، صنعت پوشاک به یکی از صنایع کارا، پر درآمد و پیشرو با بهره اقتصادی بالا و سازگار با محیط‌زیست تبدیل شود. در نمودارهای شکل۹ میزان کاربرد فناوری نانو در پوشاک و سهم این فناوری در بخش‌های مختلف نساجی نشان داده شده است.



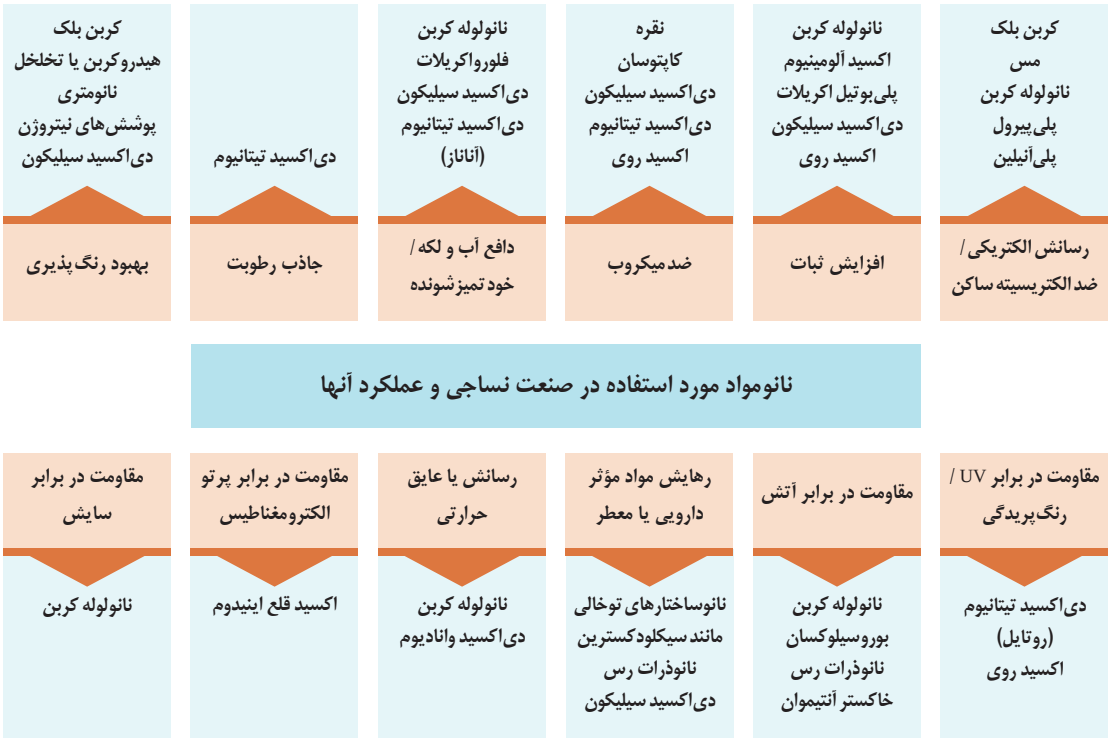
شکل۹ـ نمودار میزان کاربرد فناوری نانو در پوشاک و سهم این فناوری در بخش‌های مختلف نساجی

با استفاده از فناوری نانو ایجاد خصوصیات عملکردی پیشرفته، بدون تأثیر نامطلوب بر ظاهر، زیردست و راحتی پارچه امکان‌پذیر می‌گردد. تکمیل‌های متداولی که برای ایجاد خصوصیات عملکردی در منسوجات به کار می‌روند، به‌راحتی با شست‌وشو یا استفاده کوتاه‌مدت از آن از بین می‌رود. از آنجایی که با استفاده از فناوری نانو تغییرات ایجادشده در پارچه در سطح مولکولی اتفاق می‌افتد؛ بنابراین این تغییرات اغلب دائمی می‌باشند. فناوری نانو در نساجی به‌طور کلی اغلب شامل سه حوزه ۱ـ تولید نانومواد تک‌بعدی نانو الیاف (Nano ـ Fibers)، ۲ـ اصلاح خواص پوششی و چندگانه منسوجات با نانو مواد دو بعدی نانوپوشش یا نانو مقیاس (Nano ـ Scale) و ۳ـ اصلاح ساختار داخلی مواد و به‌کارگیری و سنتز نانومواد بر بستر منسوجات با نانومواد سه‌بعدی یا نانوساختارها (Nano ـ Structure) می‌باشد.

تحقیق کنید۲

در مورد کاربرد فناوری نانو در بخش‌های مختلف پوشاکی و غیرپوشاکی منسوجات (خانگی، فنی، محافظ و پیشرفته) در صنعت نساجی تحقیق کنید و در کلاس گزارش دهید.

در شکل ۱۰ عمده‌ترین نانومواد مورد استفاده در صنعت نساجی به‌همراه عملکرد و کارایی آنها نشان داده شده است.



شکل ۱۰ــ عمده‌ترین نانومواد مورد استفاده در نساجی به همراه عملکرد آنها

عکس و فیلم

هنرآموز گرامی، با نمایش فیلم، عکس، اسلاید، انیمیشن، جداول، نمودار و بازدید از مراکز مجهز به فناوری نانو، هنرجویان را با کاربردهای فناوری نانو در حوزه‌های مختلف نساجی بیشتر آشنا کنید.

هنگامی که از نانومواد در فرایند تولید و تکمیل منسوجات استفاده می‌شود؛ این مواد در درون ساختار الیاف یا به‌صورت لایهٔ پوششی خیلی نازک بر روی سطوح منسوج قرار می‌گیرند. استفاده از سامانه‌های نانومقیاس و تبدیل مواد به ذرات ریز نانویی در فرایندهای متداول نساجی نظیر تولید الیاف، تکمیل، پوشش‌دهی، رنگرزی، تصفیه آب و پساب و... باعث افزایش کارایی منسوجات می‌شود. در سال‌های اخیر منسوجات و کامپوزیت‌های لیفی در بخش‌های مختلفی نظیر کشاورزی، حمل‌ونقل، عمران و راه‌سازی، پزشکی، بسته‌بندی، محافظ، ورزشی، خانگی، خودروسازی، الکترونیک و... جایگزین مواد فلزی و پلاستیکی شده‌اند.

فناوری نانو به شیوه‌های مختلف می‌تواند سبب بهره‌وری بیشتر در صنعت نساجی، ارتقا کیفیت و طول عمر محصول، بهبود خواص مواد، تولید محصولات جدید و... شود و با ایجاد قابلیت‌های جدید و بهبود کارایی منسوجات، امکان حضور در بازارهای جهانی را فراهم کند. مطالعات نشان می‌دهد که در حال حاضر توجه عمده، بیشتر بر رویکردهای جدید تکمیل پارچه و نیز فناوری‌های پوشش‌دهی با آثار خارق‌العاده، متمرکز شده است. در جدول ۱ برخی از کاربردها و قابلیت‌های مهم فناوری نانو در منسوجات کاربردی نشان داده شده است.

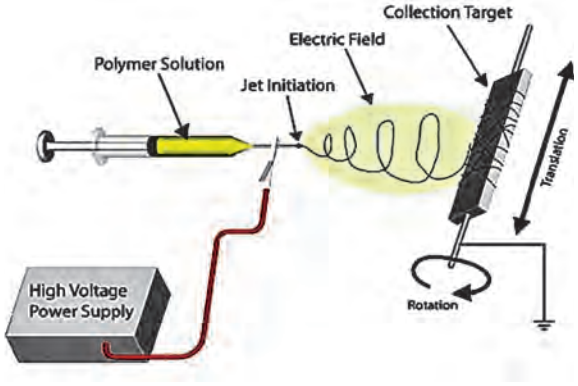
جدول ۱ــ برخی از روش‌های کاربردی و قابلیت‌های مهم فناوری نانو در منسوجات کاربردی

حوزه کاربردی	کاربردها و فناوری‌های به کار رفته
پوشاک ورزشی و بیرونی	ضدمیکروب، ضدباکتری، ضدآب و تنفس‌پذیر، ضدضربه، ضدلکه، ضدبو، مدیریت رطوبت، احساس راحتی و سبکی، خود تمیز شونده، منسوجات هوشمند، حسگرها، محافظت در بربر پرتو فرابنفش، عایق سرما و گرما و... با استفاده از فناوری‌های نانوالیاف‌ها، الیاف نانوکامپوزیت‌ها و پوشش‌دهی بسیار نازک منسوجات با نانوذرات مخصوص نظیر نقره، اکسید روی، اکسید مس و دی‌اکسید تیتانیوم
منسوجات پزشکی و بهداشتی	ایجاد خواص ضدمیکروب و باکتری و ضدبو، اکسیژن‌ساز و صافی شیمیایی، اعضای مصنوعی، کشت سلول، تشخیص بیماری، انواع محصولات بهداشتی زنانه و بچگانه، حسگرهای زیست‌پزشکی، مهندسی بافت مصنوعی اعضای بدن، پوشش رهاسازهای دارو، نخ‌های بخیه، ضدلکه و... با استفاده از نانوالیاف‌ها یا پوشش‌دهی منسوجات بیمارستانی با نانوذرات ضدباکتری با استفاده از فناوری‌های نانوالیاف کامپوزیت‌ها، نانولوله‌های کربنی، نانوذرات نقره، نانوذرات اکسید روی، اکسید مس و سایر نانوپوشش‌های مخصوص با قابلیت پوشش‌دهی بسیار نازک منسوجات
منسوجات خانگی، صنعتی، کشاورزی نظامی، خودرو	ایجاد خواص ضدمیکروب، ضدقارچ، ضدباکتری، ضدحساسیت، ضدآب، ضدلکه، ضدروغن، ضدچروک، ضدآبرفتگی، آبدوست و جاذب رطوبت و عرق بدن، ضدبو، ضدچروک، ضدگرد و غبار، ضدپرتو فرابنفش و رادیواکتیو، ضدالکتریسیته ساکن، لباس گرم یا خنک‌کننده، سطوح و لباس خود تمیزشونده، عطرآگین‌کردن، افزایش ثبات رنگ و سایشی، افزایش قابلیت رنگ‌پذیری، عایق‌بندی صوتی و حرارتی، ضد حریق یا کندسوز، افزایش استحکام و ایمنی، پوشش حسگر، فیلتراسیون هوا و روغن و سوخت خودرو، جاذب صوت در موتور خودرو، الیاف تقویت‌کننده لاستیک و کامپوزیت‌ها در خودرو، کمربند ایمنی و کیسه هوا، پوشش کف و سقف و بدنه خودرو و... با استفاده از فناوری‌های نانو الیاف‌ها، نانولوله‌های کربنی، نانوذرات نقره، نانوذرات اکسید روی و پوشش دهی بسیار نازک منسوجات با نانوذرات مخصوص نمایشگرهای نوری، کاربردهای کامپیوتری، لباس‌های هوشمند، رباتیک، تصفیه‌کننده آب، ضدگلوله و ترکش، ضد مواد شیمیایی، ضدعفونت، و... با استفاده از نانوالیاف و پوشش‌های نانو مقیاس گوناگون

فناوری نانوالیاف

فناوری نانو مفهوم جدیدی نیست. این فناوری به معنای استفاده از موادی می‌باشد که حداقل در یک بعد، نانومقیاس باشند. نانوفناوری دانشی است که به مطالعه و دست‌کاری مواد در سطح اتم یا مولکول می‌پردازد. هنگامی که قطر الیاف پلیمری از میکرون به چندصد نانومتر کاهش می‌یابد، خواص ویژه‌ای نظیر نسبت سطح به حجم بسیار بالا در مقایسه با مواد شناخته شده به‌دست می‌آورد. این خواص برجسته، نانوالیاف پلیمری را به گزینه‌ای مناسب جهت بسیاری از کاربردهای مهم از جمله فیلتراسیون، منسوجات پزشکی و... تبدیل می‌نماید. روش مرسوم در تولید نانو الیاف با قطر ۱۰۰ تا ۴۰۰نانومتر، فرایند الکتروریسی می‌باشد. در این روش جریان مولکول‌های زنجیرهٔ پلیمری تغییر یافته‌شدهٔ محلول یا مذاب از طریق ایجاد اختلاف پتانسیل هزاران ولت بین نازل و جمع‌کنندهٔ الیاف (کالکتور) به‌سرعت از نازل خارج شده و تولید الیاف نانوالیاف پلیمری می‌گردد. در این روش از نانوذرات یا نانولوله‌ها جهت بهبود خواص نانوالیاف همراه نانوالیاف استفاده می‌شود.

مهم‌ترین استفادهٔ نانوالیاف در تولید فیلترهای هوا و تصفیه آب و پساب می‌باشد. نانوالیاف به سه گروه پلیمری، کربنی و معدنی تقسیم می‌شوند. از جمله کاربردهای فناوری نانو در منسوجات می‌توان به نانوالیاف به‌کار رفته در روکش مبلمان، روکش معطر اثاثیه و سطوح خودتمیزشونده اشاره کرد. در شکل ۱۱ نمای شماتیک از تولید نانوالیاف در دستگاه الکتروریسی نشان داده شده است.



شکل ۱۱ــ نمای شماتیک از تولید نانوالیاف در دستگاه الکتروریسی

نانوکامپوزیت‌ها و الیاف کامپوزیتی نانوساختار

نانوکامپوزیت به‌گروهی از کامپوزیت‌ها که حداقل یکی از اجزای آن نانومقیاس باشد، اطلاق می‌شود. نانوکامپوزیت‌ها از پلیمرها و نانوذرات فلزی، اکسیدها و سایر مواد دارای خواص متنوع و بهبود یافته ایجاد می‌شوند. به‌عنوان مثال از خاصیت خوب تأخیر در شعله‌پذیری کامپوزیت‌های مشتمل بر نانوذره سیلیکات، می‌توان به‌خوبی در منسوجات سرویس خواب، پرده‌ها و... استفاده کرد.

الیاف کامپوزیتی نانوساختار، الیافی می‌باشند که در ساختار آنها از مواد نانوساختار نظیر پرکننده‌های نانومقیاس مانند نانوذرات خاک رس، اکسیدهای فلزی، دوده، نانوالیاف گرافیکی و نانولوله‌های کربنی استفاده می‌شود. مزیت اساسی الیاف نانوکامپوزیتی تولیدشده به روش ذوب‌ریسی این است که تنها با اعمال تغییرات اندک می‌توان یک خط تولید الیاف پلیمری معمولی را به خط تولید الیاف کامپوزیتی نانوساختار تبدیل کرد.

فناوری نانو در ریسندگی و بافندگی

قطعات ماشین‌آلات ریسندگی و بافندگی نظیر تسمه، چرخ دنده‌ها، دندانه‌های چرخ و تسمه و گیره‌های راپیر، سطح انواع سوزن‌ها و خارها در زننده‌ها و ماشین کارد و سوزن‌زنی و حلقوی، روتور، رینگ و شیطانک، سطح غلتک‌های کشش، پروژکتایل‌ها، نوار آپرون و... در معرض سایش، خوردگی، فرسودگی، تنش بالا، حرارت، اصطکاک، خراش، شکستگی، خستگی و... می‌باشند. امروزه با کمک فناوری نانو بسیاری از مشکلات استفاده از قطعات و ماشین‌آلات نساجی کاهش یافته است و بازدهی ماشین‌آلات نساجی به علت کاهش توقفات و افزایش عمر محصولات، افزایش یافته است.

نکات زیست‌محیطی

جهت افزایش عمر کاری قطعات و ماشین‌آلات اغلب از فرایند آبکاری، به‌کارگیری قطعات سرامیکی و پلیمری مخصوص و... استفاده می‌شود که باعث آلودگی محیط‌زیست و افزایش قیمت تمام‌شدهٔ ماشین‌آلات می‌گردد.

برخی از کاربردهای نانوپوشش در قطعات ماشین‌های ریسندگی و بافندگی

۱ تعویض ۱ تا ۶عدد از چرخ‌های راپیر یک ماشین بافندگی پارچه یا فرش ماشینی باعث توقف طولانی‌مدت ماشین بافندگی می‌گردد، درحالی‌که استفاده از نانوپوشش در سطوح دندانه‌های چرخ دنده، عمر محصول را تا ۵برابر افزایش می‌دهد.

۲ اعمال نانو پوشش‌های Sio_2 بر روی نوار نقاله آپرون ماشین ریسندگی باعث کاهش ساییدگی و پارگی می‌شود و رفتار اصطکاکی را بهبود می‌دهد و بالطبع حرکت الیاف منسجم‌تر و متراکم‌تر می‌شود.

۳ کاهش ساییدگی، خوردگی، پایداری شیمیایی و چگالی قطعه پروژکتایل و افزایش رسانایی حرارتی آن در زمان ورود به محفظه ترمز پروژکتایل با اعمال نانو پوشش‌های Tis_2 و Ws_2 و نانولوله‌های کربن

۴ کاهش سایش، شکستگی، خستگی، حرارت، اصطکاک و تنش در رینگ، شیطانک، سوزن‌ها و خارهای ماشین‌های ریسندگی، بافندگی و سوزن‌زنی با اعمال نانوپوشش‌ها در قطعات متحرک و ثابت

۵ کاهش خراش، ساییدگی و خوردگی در سطح دیسک چرخانه (روتور)، کاهش اصطکاک بین الیاف و روتور با اعمال نانوپوشش‌ها در سطح روتور یا چرخانه

۶ جلوگیری از ساییدگی غلتک‌های کشش، عدم نیاز به سنگ‌زنی، کاهش پارگی و توقف تولید با بهره‌گیری از نانوپوشش‌ها در سطوح غلتک‌های فولادی منطقه کشش

فناوری نانو در رنگرزی و چاپ منسوجات

رنگرزی یک فرایند شیمیایی می‌باشد که در آن رنگینه به‌دلیل تمایل ذاتی در سطح الیاف جذب و سپس به درون الیاف نفوذ می‌کند. روش‌های مختلفی جهت جذب و نگهداری رنگینه‌ها توسط لیف وجود دارد. در جدول ۲ ساز و کار رنگرزی اغلب الیاف با رنگینه‌های ویژه آن مشخص شده است.

جدول ۲ــ ساز و کار رنگرزی اغلب الیاف با رنگینه‌های ویژه آن

الیاف	رنگینه	ساز و کار	الیاف	رنگینه	ساز و کار
سلولزی	مستقیم	پیوند هیدروژنی	پروتئینی	اسیدی	پیوند نمکی
سلولزی	راکتیو	پیوند کووالانسی	پروتئینی	کرومی، راکتیو	پیوند کووالانسی
سلولزی	خمی، گوگردی، یخی (آزوئیک)	غیر محلول کردن	نایلون	اسیدی	پیوند نمکی
آکریلیک	بازیک	پیوند نمکی	نایلون	راکتیو	پیوند کووالانسی
پلی‌استر	دیسپرس	تشکیل محلول جامد	استات سلولز	دیسپرس	تشکیل محلول جامد

نکات زیست‌محیطی

نیاز به ثبات‌های رنگی بالا، افزایش قدرت رنگی با کاربرد مقدار مادهٔ کمتر، کاهش آلایندگی محیط‌زیست، کاهش مصرف انرژی، رنگ‌پذیر نمودن الیاف کریستالی غیرقطبی و فاقد گروه عاملی نظیر پلی‌پروپیلن، نایلون و... موجب افزایش استفاده از فناوری نانو در بخش رنگرزی و چاپ شده است.

فناوری نانو به عنوان یک فناوری بین رشته ای در رنگرزی و چاپ باعث رشد روز افزون کیفیت و بهبود رنگرزی و چاپ شده است. فناوری نانو می‌تواند با انتخاب رنگینه و رنگ‌زای مناسب و همچنین بهینه‌کردن فرایند رنگرزی و چاپ، نقش مهمی در جهت افزایش کیفیت رنگرزی و چاپ منسوجات ایفا کند.
رنگ‌پذیری و افزایش سرعت جذب رنگ‌زاهای دیسپرس و سایر قابلیت‌های دیگر در این منسوجات با واردکردن نانوپرکننده‌ها بهبود می‌یابد. افزایش قابلیت رنگ‌پذیری پارچه‌ها با روش پوشش‌دهی مواد جاذب بر روی پارچه‌ها نیز صورت می‌گیرد. به عنوان مثال ایجاد لایه امولسیونی از نانوذرات کیتوسان بر روی ابریشم باعث افزایش ۱۰۰ تا ۲۰۰برابری قابلیت رنگ‌پذیری در این کالا می‌گردد که منجر به کاهش مصرف رنگ‌زا و آلودگی شده و به پارچه خاصیت ضدمیکروبی می‌دهد. در قسمت سمت راست شکل ۱۲ افزایش قابلیت رنگ‌پذیری ابریشم تکمیل‌شده با نانوذرات کیتوسان مشهود می‌باشد.

شکل ۱۲ــ افزایش قابلیت رنگ‌پذیری ابریشم تکمیل‌شده با نانوذرات کیتوسان

در برخی موارد با استفاده از فناوری پلاسما، اصلاحات سطحی فیزیکی و شیمیایی در حد نانو بدون تغییر خواص توده بر روی پارچه انجام می‌شود که سبب افزایش آبدوستی و تغییر گروه‌های شیمیایی سطح شده و بهبود و یا تغییر در رنگ‌پذیری و ثبات رنگی ایجاد می‌کند.
یکنواختی چاپ و رنگرزی، میزان جذب رنگ بالا، ثبات رنگی مناسب، عدم ایجاد اثر نامطلوب بر خواص کالا و عدم ایجاد پساب رنگی و سمّی و... از جمله پارامترهای مهم در انتخاب مواد رنگی می‌باشد. یکی از روش‌های نوین و پیشرفته در جهت تسریع سرعت رنگرزی، افزایش جذب مواد رنگی و ثبات رنگی، رنگرزی منسوجات فاقد گروه‌های عاملی و بهبود پساب رنگرزی، استفاده از فناوری نانو در رنگرزی و چاپ می‌باشد. در ادامه به برخی از رویکردهای مختلف استفاده از فناوری نانو در رنگرزی و چاپ منسوجات اشاره شده است.

رویکردهای مختلف استفاده از فناوری نانو در رنگرزی و چاپ منسوجات:

۱ استفاده از رنگ‌زاها و رنگدانه‌های نانو مقیاس به‌صورت مستقیم به عنوان رنگینه
۲ بهبود آبدوستی و رنگ پذیری منسوجات از طریق تکمیل با پوشش‌های نانو ساختار
۳ پوشش‌دهی پارچهٔ رنگ‌شده با نانولایه به منظور بهبود ثبات رنگی
۴ تصفیهٔ پساب رنگرزی با فناوری نانو و بازگشت آب تصفیه‌شده به چرخهٔ تولید
۵ افزایش عمر قسمت‌های مختلف ماشین‌آلات و مخازن رنگرزی و چاپ با بهره‌گیری از نانوپوشش‌ها

کاربرد فناوری نانو در بخش رنگرزی و چاپ، مزایای بسیار زیادی به همراه دارد. در ادامه به برخی از این مزایا اشاره می‌شود:

مزایای کاربرد فناوری نانو در چاپ و رنگرزی:

۱ افزایش عمق و درخشندگی رنگ
۲ کاهش مصرف آب، انرژی و مواد کمکی مصرفی
۳ رنگرزی و چاپ آسان منسوج با ساختار کریستالی و فاقد تمایل به جذب رنگینه
۴ تکمیل چندمنظوره منسوجات (ضد باکتری، ضدآب و... کردن پارچه در حین رنگرزی و چاپ)
۵ افزایش ثبات رنگ (ثبات شست‌وشویی، نوری، سایشی و...)
۶ بهبود کیفیت پساب رنگرزی و چاپ
۷ افزایش سرعت رنگرزی و چاپ و بهبود قابلیت رنگ‌پذیری

استفاده از نانومواد‌ی نظیر ترکیبات سیکلودکسترین، درخت‌سان‌ها، نانو رس‌ها، کیتوسان‌ها، نانوذرات فلزی و به‌کارگیری فناوری پلاسما، برخی از کاربردهای فناوری نانو در بخش رنگرزی می‌باشد. در ادامه به برخی از نانومواد و فناوری نانویی به‌کار رفته در بخش رنگرزی پرداخته می‌شود:

سیکلودکسترین‌ها

سیکلودکسترین‌ها یکی از پرکاربردترین مواد نانو در نساجی می‌باشد که به سه دستهٔ آلفا، بتا و گاما سیکلودکسترین تقسیم‌بندی می‌شوند. مشخصهٔ اصلی سیکلودکسترین‌ها، توانایی تشکیل کمپلکس جامد (کمپلکس میزبان ـ میهمان) با گستره وسیعی از ترکیبات جامد، مایع و گاز از طریق برهم‌کنش مولکولی می‌باشد. این مواد به علت برخورداری از دو سر آبدوست و آب گریز، مکان‌های خوبی برای جذب مواد رنگ‌زا با ایجاد پیوندهای هیدروژنی و یا یونی ضعیف در رنگرزی ایجاد می‌کنند. مواد نانویی سیکلودکسترین همچنین با تغییراتی که در سطح منسوجاتی نظیر پنبه، پلی‌استر، پشم، پلی‌پروپیلن و... ایجاد می‌کنند، باعث افزایش جذب رنگ‌زا و ثبات‌های شست‌وشویی و سایشی در منسوجات می‌شوند.

رنگرزی پارچه‌های نایلونی در حضور سیکلودکسترین موجب افزایش حدود ۴ تا ۱۰ برابری یکنواختی رنگرزی و تغییر اندکی در قدرت رنگی می‌شود. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که حضور گاما سیکلودکسترین در مقایسه با بتاسیکلودکسترین، به‌دلیل پایداری نسبی بالاتر، کمپلکس سیکلودکسترین ـ رنگ و سرعت نسبی رهایش رنگ‌زا و نفوذ آن به درون لیف منجر به افزایش جذب رنگ‌زا و یکنواختی بیشتر در رنگرزی می‌گردد. رنگ‌زاهای کاتیونی (بازیک) مهاجرت بسیار کمی بر روی الیاف اکریلیک دارند؛ بنابراین عدم یکنواختی رنگرزی در این دسته الیاف مشهود و مشکل‌ساز می‌باشد. استفاده از بتاسیکلودکسترین در رنگرزی الیاف آکریلیک با رنگ‌زاهای بازیک (کاتیونی) ضمن ایجاد یکنواختی در رنگرزی، عمق رنگی را نیز افزایش می‌دهد. رنگ‌پذیری الیاف پلی‌پروپیلن اصلاح شده با سیکلودکسترین، با به‌کارگیری رنگ‌زاهای اسیدی، دیسپرس و راکتیو در روش رمق‌کشی به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. پارچه پلی‌پروپیلن با فرایند پد ـ خشک ـ پخت و از طریق واکنش اتصال عرضی با سیکلودکسترین به فرم پلی‌پروپیلن اصلاح‌شده تبدیل می‌شود. تشکیل کمپلکس درجا میان رنگینه و بتا سیکلودکسترین متصل به الیاف پلی‌پروپیلن موجب افزایش سرعت رمق‌کشی رنگ‌زا در حمام رنگرزی می‌شود.

درخت‌سان‌ها

درخت‌سان‌ها، پلیمرهای شاخه‌ای با وزن مولکولی کم می‌باشند که دارای گروه‌های پایانی و گروه‌های عاملی زیاد با یک هسته مرکزی می‌باشند. گروه‌های عاملی بیرونی، تعیین‌کننده میزان حلالیت و واکنش‌پذیری درخت‌سان‌ها می‌باشند.

پلی‌پروپیلن اصلاح‌شده و پلی‌آمیدوآمین دو درخت‌سان پرکاربرد با گروه‌های انتهایی آمین می‌باشند که نقش بسیار زیادی در اصلاح پارچه‌های نایلونی ایفا می‌کنند. این مواد همچنین بر روی پارچه‌های پنبه‌ای و پشمی باعث بهبود رنگرزی و ایجاد خاصیت ضدمیکروبی می‌گردد. این مواد با اندازه مولکولی کوچک به‌راحتی در کالاهای نساجی نفوذ می‌کنند؛ به‌طوری که رمق‌کشی و تثبیت رنگ‌زای راکتیو را بر روی الیاف اصلاح‌شده افزایش می‌دهد.

پیش‌عملیات رنگرزی با درخت‌سان‌ها، قدرت رنگی پارچه‌های پنبه‌ای را افزایش می‌دهد. به‌عنوان مثال اتصال پلیمر بسیار شاخه‌دار با گروه انتهایی آمین به لیف پنبه سبب افزایش قدرت رنگی لیف در زمان رنگرزی بدون نمک با رنگ‌زای راکتیو می‌شود. از طرفی، در حضور اسیدسیتریک، پیش عملیات پنبه با پلیمرهای بسیار شاخه‌دار با گروه انتهایی آمین به عنوان عامل اتصال عرضی می‌تواند رنگ‌پذیری الیاف پنبه‌ای با رنگ‌زاهای راکتیو را ارتقاء دهد.

جهت رنگرزی الیاف پلی پروپیلن، ابتدا درخت سان آلکیل دار شده با پلی پروپیلن مخلوط می‌شود و سپس به صورت لیف ریسیده می‌شود. زمانی که این لیف درون محلول رنگی مناسب قرار می‌گیرد، رنگ درون درخت سان موجود در لیف قرار می‌گیرد و لذا لیف به آسانی رنگرزی می‌شود.

منشأ اصلی مشکلات رنگرزی پلی‌آمید، محدودیت تعداد گروه‌های آمینی موجود در طول زنجیرهای مولکولی آنها می‌باشد که با افزایش تعداد گروه‌های آمینی، خواص رنگرزی این دسته پلیمرها بهبود می‌یابد. افزودن درخت‌سان‌های پلی‌آمیدی و آمینی به پلیمر سبب دستیابی به پلی‌آمید ابر جاذب با هزینه پایین می‌شود؛ به‌طوری که میزان رنگ‌پذیری برخی پلیمرهای اصلاح شده با این روش تا ۳۰برابر افزایش می‌یابد.

نانوذرات فلزی

پارچه‌های متشکل از الیاف طبیعی (پنبه‌ای و پشمی) با خواص چندگانه نظیر پارچه‌های رنگ‌شده، ضدمیکروب و محافظ در برابر پرتو فرابنفش به‌طور مؤثر از طریق سنتز در جای نانوذرات نقره درون پارچه قابل تهیه می‌باشند. عمل‌کردن پارچهٔ پشمی، ابریشمی، و پنبه‌ای با نانوذرات نقره علاوه بر خواص ضدمیکروبی، استحکام کششی و عمق رنگی این پارچه‌ها را نیز افزایش می‌دهد. جهت اضافه‌کردن نانوذرات بر سطح پارچه، پارچهٔ موردنظر را در درون محلول نیترات نقره غوطه‌ور می‌کنند و سپس دمای محلول را تا رسیدن به نقطهٔ جوش افزایش می‌دهند و در انتها محلول تری‌سدیم سیترات به صورت قطره قطره به این مخلوط اضافه می‌کنند.

فعالیت ۱

افزودن نانوذرات نقره به پارچه‌های پنبه‌ای، پشمی و ابریشمی از طریق روش پد کردن غوطه‌وری پارچه درون محلول نانونقره به مدت ۱۰دقیقه، پدکردن با برداشت ۷۰درصد، خشک‌کردن و پخت در دمای ۱۲۰درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰دقیقه و سپس رنگرزی این پارچه‌ها با رنگ‌زای مستقیم، موجب افزایش قدرت رنگی می‌شود. در ضمن عمق رنگی، ثبات شست‌وشویی و نوری پارچه با عملیات بعدی پارچه با نانوکلوئیدها افزایش می‌یابد.
هنرآموز گرامی: در صورت فراهم بودن امکانات، این آزمایش در آزمایشگاه رنگرزی انجام شود.

تکمیل‌نمودن پارچه پنبه‌ای با نانوذرات مس، رنگ‌پذیری لیف پنبه‌ای با رنگ‌زای مستقیم را افزایش می‌دهد. در ضمن خواص ضدمیکروبی، ثبات شست‌وشویی و نوری نیز افزایش می‌یابد. نانوذرات اکسید مس نیز به‌عنوان یک مادهٔ رنگ‌زا جهت رنگرزی کالای پشمی استفاده می‌شود. پارچه‌های رنگرزی‌شده با این نانوذرات از خواص ضدمیکروبی و ضداشعهٔ فرابنفش برخوردار می‌باشند و طیف وسیعی از رنگ‌های قهوه‌ای را در پارچه می‌توان با آن ایجاد کرد.
به‌کارگیری نانوذراتی نظیر دی‌اکسید زیرکونیوم به‌عنوان دندانه در رنگرزی الیاف پشمی با رنگ‌زای طبیعی به روش پیش‌دندانه، سبب افزایش رنگ‌پذیری و ایجاد خاصیت کندسوزی و ضدمیکروبی در پارچهٔ پشمی می‌گردد.
تکمیل‌نمودن پارچهٔ پلی‌استری با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم و رنگرزی این الیاف در غیاب ماده سمّی کریر علاوه بر ایجاد فام مناسب، خواص چندگانه‌ای از قبیل خود تمیزشوندگی، آبدوستی و حفاظت از کالا در برابر پرتوی فرابنفش را به همراه دارد. با انجام عملیات فراصوتی، نانورنگ‌زاهای دیسپرسی تولید شده است که منجر به افزایش قدرت رنگی الیاف پلی‌استر رنگرزی‌شده در دمای پایین می‌گردد. جهت افزایش ثبات رنگی نیز می‌توان کالای رنگرزی‌شده با دیسپرسیون نانوذرات اکسید روی درون پروپانول به مدت ۱۰دقیقه غوطه‌ور کرد.
یکی از جدیدترین رویکردها در تولید الیاف پلی‌پروپیلن، اختلاط پلی‌پروپیلن با نانوذرات آلی و معدنی می‌باشد. این نانوذرات در حالت مذاب در داخل ماتریس پلی‌پروپیلن قرار داده می‌شوند. این نانوذرات مسیرهایی برای عبور رنگینه و جذب آن در تودهٔ پلیمر ایجاد می‌کنند. مقدار برداشت رنگینه توسط کامپوزیت پلی‌پروپیلن ـ نانوذرات خاک رنگرزی‌شده با رنگ‌زاهای دیسپرس، با افزایش درصد نانوذرات به صورت خطی افزایش می‌یابد. استفاده از مستربچ اصلاح‌شده با نانوذرات خاک رس نیز باعث بازده بهتر رنگرزی پلی‌پروپیلن می‌شود.
از نیترات نقره به عنوان نمک نقره و از کلرید قلع به‌عنوان احیا کننده و دندانه رنگرزی استفاده می‌شود. در این فرایند، ابتدا عملیات دندانه دادن پارچه نایلونی با کلرید قلع انجام می‌شود. پس از آن سنتز همزمان نانوذرات نقره به‌صورت درجا در محیط آبی بر روی سطح پارچهٔ نایلونی و رنگرزی با رنگ‌زاهای کرومی انجام می‌شود.

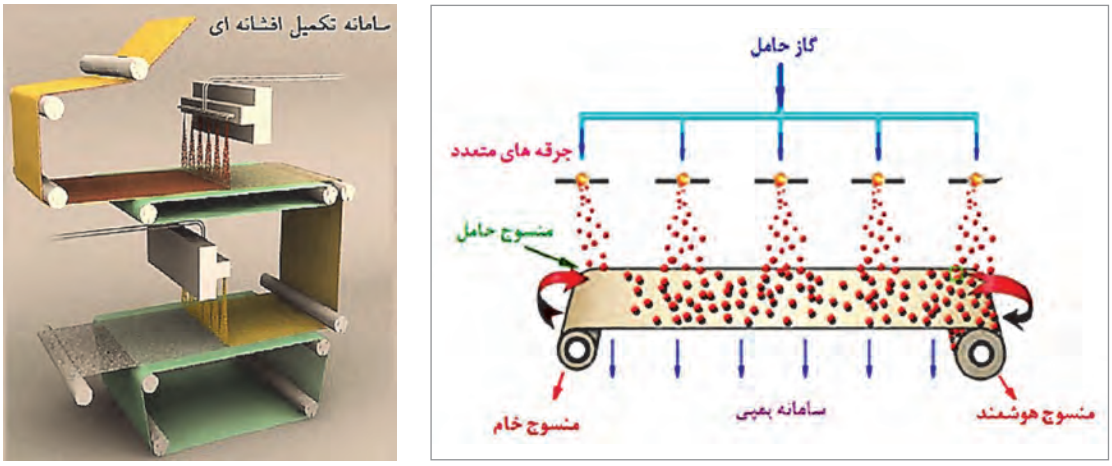
نانوذرات خاک رس

خاک رس به‌طور معمول دارای ساختار لایه‌ای متشکل از سیلیکات آلومینیوم آب‌دار در ابعاد بسیار کوچک می‌باشد.
در رنگرزی به دو روش نانوذرات خاک رس استفاده می‌شود:
روش اول: نانوپوشش‌دار کردن سطح الیاف، که به علت تمایل رنگ‌زا به نانوذرات، جذب رنگ‌زا از طریق پیوندهای هیدروژنی افزایش می‌یابد و رنگ‌زای بیشتری روی پارچه جذب می‌شود.
روش دوم: مخلوط‌کردن حین فرایند ذوب‌ریسی الیاف مصنوعی، که در این حالت این مواد وارد شبکهٔ الیاف می‌شود و در نتیجه باعث افزایش جذب رنگ‌زا در پارچهٔ نهایی می‌شود.

فناوری نانو در تکمیل منسوجات

هدف از به‌کارگیری نانو پوشش‌ها یا تکمیل نانومتری در منسوجات، تغییر خواص سطحی و ایجاد خصوصیات مختلفی نظیر ضدمیکروبی، خودتمیزشوندگی، کندسوزی، معطرسازی، ضدبوکردن، ضدلک کردن، ضدحریق، ضدآب‌کردن، ضدپرتوکردن، ضدسایش، ضدحشره، ضدشعله، ضدالکتریسیتهٔ ساکن، ضدچروک و... در منسوجات می‌باشد.

بهبود عملکرد منسوجات با استفاده از فناوری نانو از طریق سه رویکرد الیاف حاوی نانو مواد، عملیات تکمیلی و الکترو ریسی صورت می‌گیرد. اغلب منسوجات با خواص ارتقا یافته موجود در بازار از طریق عملیات تکمیلی نظیر پوشش حاوی نانوذرات یا عملیات پلاسما تهیه می‌شوند. وظیفهٔ نانو پوشش‌ها پوشاندن سطح منسوج با لایه‌های نانومتری جهت کسب خواص مورد نظر می‌باشد. در شکل ۱۳ دو سامانه نانومقیاس تکمیل افشانه‌ای پارچه جهت تولید و پوشش‌دهی نانوذرات بر سطح منسوج نشان داده شده است.



شکل ۱۳ــ دو سامانهٔ نانومقیاس تولید و تکمیل افشانه‌ای نانوذرات بر روی پارچه

نانوساختارهای شفاف مورد استفاده در تکمیل منسوجات از نظر نحوهٔ عملکرد به چهار دستهٔ ویسکرها، تورها، لفاف‌ها و سایر نانوساختارها تقسیم می‌شوند. در طبیعت زنجیرهای سلولزی به‌صورت بلورهای فشرده (ویسکر) آرایش می‌یابند؛ به‌طوری که این ساختار از طریق پیوندهای هیدروژنی درون و میان‌مولکولی تثبیت می‌شوند؛ به همین علت در آب و اکثر حلال‌های آلی انحلال‌ناپذیر می‌باشند. ویسکرها نانوالیاف میله ای شکل بلوری می‌باشند که با استفاده از عامل اتصال‌دهنده به سطح الیاف متصل می‌شوند و بدون تغییر در قابلیت تنفس منسوجات باعث ایجاد خواصی نظیر دفع آب، دفع روغن، دفع لک، ضدچروک، افزایش نرمی و حفظ زیردست، افزایش ثبات شست‌وشویی و... در منسوجات می‌گردند؛ بنابراین در مقایسه با رزین‌های تکمیلی از مقبولیت بیشتری برخوردارند.

قرارگیری الیاف در مرکز یا هسته توری‌های نانومتری با ساختار مولکولی سه‌بعدی، امکان تغییر خواص الیاف مصنوعی نظیر پلی‌استر را فراهم می‌کند و زیردست آنها را شبیه پنبه می‌کند. خاصیت موییننگی ایجادشده در الیاف، سبب جذب و انتشار سریع رطوبت بدن و خنک‌شدن شخص می‌شود؛ به‌طوری که به فرد احساس راحتی می‌دهد.

لفاف‌های نانومتری با دربرگرفتن الیاف به‌صورت کامل، سبب تغییر و بهبود خواص الیاف می‌شوند. این نوع تکمیل باعث افزایش استحکام، بهبود ثبات رنگ، جلوگیری از چروک‌پذیری پارچه، مقاومت در برابر الکتریسیتهٔ ساکن و... می‌شود.

در صنعت نساجی نانوساختارهایی نظیر نقره، دی‌اکسید سیلیکون، دی‌اکسید تیتانیوم، اکسید روی، اکسید(هیدروکسید)های آلومینیوم، نانوذرات خاک رس، نانو لوله‌های کربن، کربن سیاه، اکسید (هیدروکسید)های مس، طلا، آهن و... بیشترین کاربرد را دارا می‌باشند. با استفاده از نانومواد و ساختارهای نانومتری امکان ایجاد گسترهٔ وسیعی از خصوصیات و عملکردها نظیر کندسوزی، ضدآب و روغن، خودتمیزشوندگی، افزایش ثبات رنگ، ضدمیکروبی، ضدپرتویی، ضدالکتریسیته، ضدلک و... را می‌توان در منسوجات ایجاد کرد. هنگامی که از نانومواد در فرایند تولید و تکمیل منسوجات استفاده می‌شود؛ این مواد ممکن است به درون الیاف وارد شوند (نانوساختار) یا به صورت پوشش (نانوپوشش) بر سطح الیاف قرار بگیرند.

در ادامه به برخی از خصوصیات و عملکردهای افزوده شده در منسوجات با استفاده از فناوری نانو پرداخته می‌شود.

منسوجات ضدمیکروب، ضدمایت (کنه خانگی) و ضدبو و عطرآگین

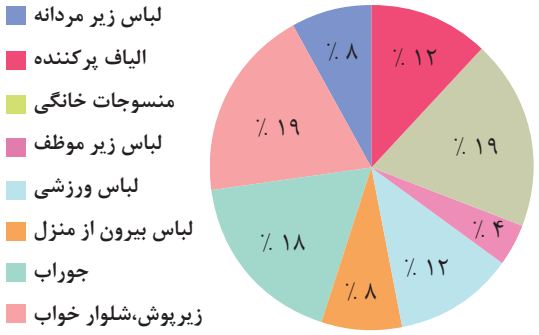
استفاده از منسوجاتی با خواص ضدمیکروبی در البسه، فرش و اثاثیهٔ منزل مزایای زیادی دارد. در پارچه‌های تهیه‌شده از الیاف مصنوعی نظیر نایلون، پلی‌پروپیلن و فرش‌ها می‌توان از بی‌نظیرترین و رایج‌ترین مواد ضدمیکروب یا ضدپاتوژن یا میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا (قارچ، باکتری، ویروس، جلبک، هاگ و...) و مواد ضدمایت فرش، نظیر اکسید روی، اکسید مس، دی‌اکسید تیتانیوم و نانوذرات نقره و طلا برای ایجاد خاصیت ضدمیکروبی و مهارکنندهٔ باکتری‌ها و قارچ‌ها استفاده کرد.

منسوجات ضدمیکروب، اغلب در مراحل تولید الیاف (ذوب‌ریسی، تر‌ریسی، الکتروریسی)، با عبور منسوج از درون محلول حاوی نانوذرات و یا با افزودن مواد ضدمیکروب در مراحل تکمیل و رنگرزی، ضدمیکروب می‌شوند. نانوذرات نقره به‌دلیل توانمندی آن در کشتن باکتری و قارچ‌ها و جلوگیری از ایجاد بوی زنندهٔ حاصل از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا بر روی البسه استفاده می‌شود. ذرات‌نانو نقره با بار مثبتی که ایجاد می‌کنند، موجب توقف عملکرد سلول‌های باکتریایی می‌شوند. اندازهٔ کوچک ذرات باعث می‌شود که پارچه نرمی و قابلیت پوشش خود را از دست ندهد.

آیا می‌دانید

کفپوش‌های معطری نیز با سیکلودکسترین‌ها، درخت‌سان‌ها یا نانوکپسول‌های پلیمری تولید می‌شوند که مادهٔ معطری درون حفرهٔ میانی این مواد قرار داده می‌شود که بر اثر فشار ناشی از راه رفتن بر روی فرش آزاد شده و رایحهٔ خوشی را در محیط خانه رها می‌کند. استفاده از رنگینه‌های طبیعی نظیر پوست انار، حنا، پوست گردو، زردچوبه و... ضمن ایجاد رایحهٔ خوشایند در منسوج، خاصیت ضدقارچ و ضدباکتریال نیز به منسوج اضافه می‌کند.

لباس‌های خانگی، زیرپوش‌های زنانه و مردانه، لباس‌های تنگ پایین تنه، باندهای زخم، ماسک‌ها، منسوجات بیمارستانی و آزمایشگاهی، منسوجات ورزشی و بیرونی، منسوجات بسته‌بندی موادغذایی، منسوجات داخل خودرو و هواپیما، روکش کفش‌ها، جوراب‌ها، فیلتر هوا و تصفیه آب، کفپوش‌های ماشینی، چمن‌های مصنوعی و سایر لباس‌های زیر نیز بیشترین تقاضا را برای منسوجات ضدمیکروبی دارند. در شکل ۱۴ نمودار آمار مصرف برخی منسوجات ضدباکتری در دنیا نشان داده شده است.



شکل ۱۴ــ نمودارآمار مصرف برخی منسوجات ضد باکتری

به‌طور کلی دو رویکرد مختلف به منظور کنترل بوی نامطبوع منسوجات ناشی از تعریق وجود دارد:

روش اول: روش جلوگیری؛ در این روش جلوگیری از ایجاد بوی نامطبوع در منسوجات با استفاده از نانو مواد ضد میکروب نظیر نانوذرات فلزی امکان‌پذیر می‌باشد. در این روش از رشد و تکثیر باکتری‌های مسبب تجزیه ترکیبات و ایجادکننده بوی نامطبوع، جلوگیری به عمل می‌آید.

روش دوم: روش جذب؛ دراین روش نانومواد جاذب بوی نامطبوع در منسوجات نظیر گروه‌های سیکلودکسترین‌ها، نانوذرات کربن فعال، نانوذرات خاکستر بامبو و پلیمرهای قاصدکی و... بدون تغییر در ساختار ترکیبات ناشی از تعرق، مولکول‌های ایجادکنندهٔ بو را مهار می‌کنند یا به دام می‌اندازند.

نانوذرات یا نانومواد ضدمیکروب با استفاده از روش‌های تخریب غشای سلولی، رهایش یون‌های سمّی، اختلال در انتقال الکترون، اکسیداسیون پروتئین، جمع‌شدگی غشا و تولید اکسیژن فعال میکروارگانیسم‌ها (عوامل بیماری‌زا) را غیرفعال می‌کنند. منسوجات ضدمیکروبی و ضدعفونی‌کننده از نظر روش‌های تأثیر بر میکروارگانیسم‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱ **منسوجات با خاصیت فعال‌شوندگی در برابر نور:** منسوجات تکمیل‌شده با دی‌اکسید تیتانیوم در اثر جذب نور، غشای سلولی میکروارگانیسم‌ها را اکسید می‌کنند و سبب از بین رفتن آنها می‌شوند. مواد فوتوکاتالیستی که از خاصیت ضدمیکروبی برخوردار می‌باشند، در معرض پرتوهای الکترومغناطیس نظیر فرابنفش، اکسیژن فعال تولید می‌کنند که طیف وسیعی از ترکیبات مضر و بدبو را اکسید می‌کنند.

۲ **منسوجات با مواد ضدمیکروب غیر قابل انتشار:** پوششی نانویی از مواد ضدمیکروب بر سطح منسوجات قرار می‌گیرد. برهم‌کنش میان بار مثبت مادهٔ ضدمیکروب و بار منفی غشای سلولی میکروارگانیسم‌ها باعث کاهش رشد و تکثیر میکروب‌ها و نابودی آنها می‌شود.

۳ **منسوجات با قابلیت رهایش مواد ضدمیکروب قرار داده شده در آنها:** در این حالت مادهٔ ضدمیکروب نظیر تریکلوسان، نقره و مس منتشر شده، سبب جلوگیری از رشد میکروب، بیماری، قارچ و دفع بوی بد و عفونت می‌شود. نانوذرات خاکستر بامبو در مرحلهٔ تولید الیاف کفپوش‌های نایلونی، پلی‌استری، پلی‌پروپیلنی علاوه بر حبس مولکول‌های ایجادکننده بو در منافذ نانومتری موجود در خاکستر بامبو، سبب افزایش خاصیت عایق حرارتی این الیاف شده و گرمی بیشتری در محیط ایجاد می‌کنند.

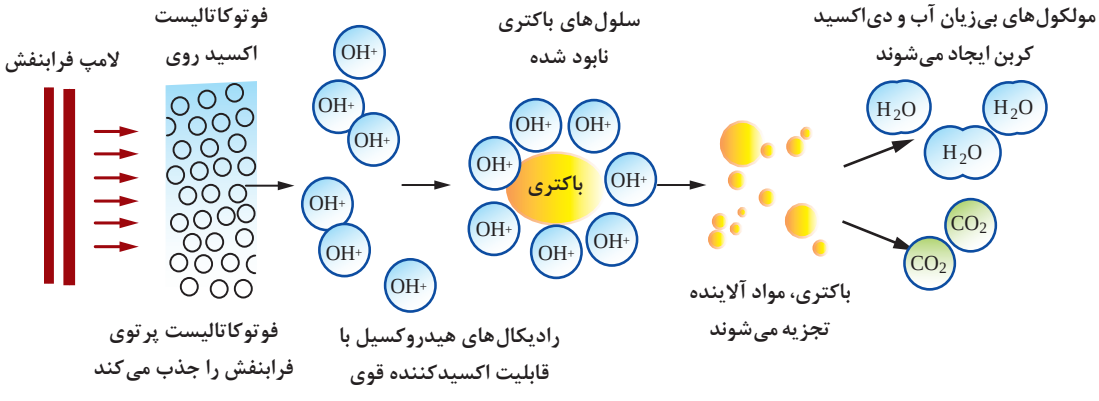
نکات زیست‌محیطی

تولید پارچه‌های ضدمیکروب و ضدبو با استفاده از نانوذرات اکسید روی، اکسید مس و نقره در مقایسه با روش‌های شیمیایی و سنتی، سازگاری بیشتر و بهتری با محیط‌زیست دارد. جوراب‌هایی که با نانوذرات نقره تکمیل شده‌اند از رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها و ایجاد بو در پا جلوگیری می‌کنند.

منسوجات ضدپرتوی فرابنفش

محافظت در برابر پرتوهای فرابنفش به دلیل تخریب لایهٔ ازن و تهدید ناشی از سرطان، پیرشدن زودهنگام پوست، آفتاب‌سوختگی پوست و... از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. فناوری نانو امکان تولید لباس‌های مناسب، نازک و سبک مناسب و محافظ در برابر پرتوی فرابنفش را برای فعالیت در فضای بیرون از خانه فراهم کرده است. پوشش نانویی ضدUV ایجاد شده روی منسوجاتی نظیر پرده، مانع از ورود پرتوی فرابنفش به فضای منزل می‌گردد و از آسیب به پوست و چشم جلوگیری می‌کند. این مواد مانع از سفیدشدن و رنگ‌پریدگی در منسوجاتی نظیر پرده، فرش، مبل و... می‌گردند.

برای این منظور از پوشش‌های نانوکامپوزیت‌های نیمه‌هادی حاوی نانوبلورهای اکسید روی، دی‌اکسید تیتانیوم، دی‌اکسید سیلیسیم، تری‌اکسید آلومینیوم و... در یک بستر پلیمری استفاده می‌شود که علاوه بر شفافیت، در برابر سایش مقاوم بوده و از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه می‌باشند. نانواکسید روی به محض اینکه در معرض نور خورشید یا اشعهٔ فرابنفش قرار می‌گیرند، فوتوکاتالیست مؤثر اکسید روی تولید می‌کند که طی فرایندی منجر به تجزیهٔ باکتری‌ها و مواد آلاینده می‌شود. اکسید روی همچنین به عنوان مادهٔ ایجادکنندهٔ خواص خود تمیزشوندگی و ضدمیکروب در منسوجات نیز استفاده می‌شود. پارچه‌های تکمیل و اصلاح شده با این نانوذرات در مقایسه با پارچهٔ اصلاح نشده، میزان محافظت پارچه در برابر پرتوی فرابنفش را ۵برابر بیشتر می‌کند و پس از ۵۵بار شست‌وشو، همچنان کیفیت عدم جذب پرتو در این پارچه باقی می‌ماند. در شکل ۱۵ تأثیر فعالیت فوتوکاتالیستی نانوذرات اکسید روی در مجاورت پرتوی فرابنفش بر خواص ضدمیکروبی نشان داده شده است.



شکل ۱۵ــ تأثیر فعالیت فوتوکاتالیستی نانوذرات اکسید روی در مجاورت پرتوی فرابنفش بر خواص ضدمیکروبی

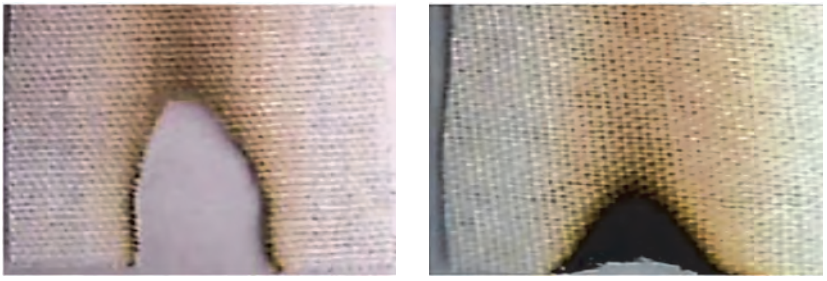
در حال حاضر استفاده از نانوذرات اکسید روی با خاصیت محافظت در برابر پرتو فرابنفش، ضریب ایمنی بالا در لباس زیر و کودک، عدم تغییر رنگ و شفافیت سطح پارچه در انواع ملحفه، روتختی، روبالشی، رومیزی، مبلمان، پرکننده‌های بالش و لحاف و... بسیار معمول شده است.

شایستگی غیر فنی

همواره رعایت احترام، ادب، حیا، دقت، انضباط کاری و اخلاق حرفه‌ای را در سرلوحهٔ کار خود قرار دهید. در حفظ و نگهداری وسایل و تجهیزات کوشا باشید و در زمان کار از وسایل و تجهیزات ایمنی استفاده کنید.

منسوجات ضدآتش و دیرسوز یا کندسوز

یکی از کاربردهای دیگر فناوری نانو، تکمیل منسوجات با نانوساختارها جهت ایجاد خاصیت دیرسوزی در منسوجات می‌باشد. انواع پوشش‌های نانومقیاس نظیر پوشش‌های محافظ آتش که در منسوجات به‌کار می‌رود باعث افزایش ایمنی و ارزش افزوده در منسوجات می‌گردد. البسه و کفپوش‌ها از مهم‌ترین عوامل اصلی گسترش آتش‌سوزی، در منازل و اماکن عمومی، ساختمان‌های تجاری و مسکونی مرتفع می‌باشد. بروز آتش‌سوزی‌ها در این اماکن باعث تشکیل دود و گازهای سمّی، گازهای اسیدی مخرب می‌شود و بالطبع خفگی ساکنان را به همراه خواهد داشت.
یکی از روش‌های ممکن جهت کاهش خسارات ناشی از آتش‌سوزی منازل و اماکن عمومی استفاده از مواد تأخیرانداز شعله نظیر نومکس می‌باشد. این مواد به شکل فیزیکی با ایجاد پیوند بر روی پلیمر منسوجات، مانع از گسترش سریع آتش در اماکن، لباس آتش‌نشانان، کارگران ذوب فلزات و... می‌شوند.
نانوذرات رس، بوروسیلوکسان و نانولوله کربنی، نانوهیدروکسید آلومینیوم و منیزیم، تری‌هیدرات آلومینا، اسیدبوریک و نمک‌های هیدراته آن، بورات‌سدیم (بوراکس)، نمک‌های آمونیوم، دی‌آمونیوم فسفات، کربنات آمونیوم، ترکیبات نیتروژن، نمک‌های معدنی (کربنات سدیم) و... با مکانیزم‌هایی از قبیل کاهش دمای سوختن، افزایش نقطهٔ اشتعال الیاف، کاهش سرعت حرکت آتش، کم‌کردن طول شعله، ایجاد لایه‌ای نفوذناپذیر بر روی کالا، تولید خاکستر غیر قابل اشتعال، پوشش کالاهای نساجی توسط نمک‌های آمونیوم و... مانع از گسترش سریع آتش می‌گردند. استفاده از نانوذرات کندسوز در مرحلهٔ ذوب‌ریسی الیاف مصنوعی نیز معمول می‌باشد.
در شکل ۱۶ عکس‌العمل نمونه پارچهٔ خام و نمونه عمل شده با مواد تأخیرانداز شعله نشان داده شده است.



شکل ۱۶ــ عکس‌العمل نمونه پارچهٔ خام و عمل شده با مواد نانویی تأخیرانداز شعله

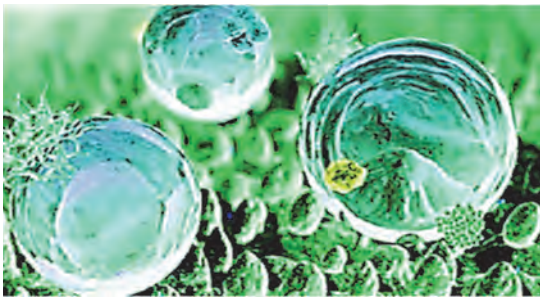
مواد نانوساختار نظیر نانوذرات رس، نانولوله کربنی، نانوذرات سیلیکونی و اکسید فلزی، میکا (ورقه نازک سیلیکا)، نانوهیدروکسید آلومینیوم و منیزیم و... به خوبی در درون ماتریس پلیمری نفوذ کرده و دیسپرس می‌شوند. این مواد نانوکامپوزیت‌هایی را تشکیل می‌دهند که ضمن حفظ نرمی و لطافت پارچه، باعث بهبود خواص ضدآتش در الیاف، کاهش سرعت رهایش حرارت، افزایش تشکیل خاکستر، کاهش میزان تولید دوده، کاهش میزان تولید گاز مونواکسید کربن، کاهش میزان رهایش گازهای ناشی از سوختن پلیمر، افزایش استحکام و سایر خواص فیزیکی و... می‌شوند.

تحقیق کنید ۳

در مورد ضد آتش کردن پارچه‌های ریون، پشمی، پنبه‌ای، نایلونی، پلی‌پروپیلنی، پلی‌استری و... با فناوری نانو در ایران و سایر کشورهای دیگر تحقیق و بررسی کنید و نتایج را در کلاس گزارش دهید.

منسوجات ضد لک، ضد آب و خود تمیزشونده

نیاز جهانی به منسوجات خانگی، نظامی، بیمارستانی، بهداشتی، ورزشی و... که نیازمند نگهداری نیستند، روزبه‌روز در حال افزایش می‌باشد. از جمله خواصی که در جهت رفع این نیاز می‌باشد، ایجاد خواص دفع آب و لک در منسوجات با اثر ماندگاری طولانی می‌باشد. با به‌کارگیری فناوری نانو در عملیات تولید و تکمیل پارچه، قطرات مایع نمی‌توانند درون پارچه‌های مقاوم در برابر مایعات نفوذ کنند. این اثر شبیه اثر موجود در پوست سوسک، بال حشرات و پروانه‌ها، برگ‌ها و گل‌های زنبق یا نیلوفر آبی یا گل لادن و... می‌باشد که با یک لایه واکس به ضخامت یک نانومتر پوشیده شده‌اند. قطرات آب یا باران بر روی این گل‌ها و برگ‌ها به صورت دانه‌های کوچک و گرد در می‌آیند که با لغزیدن بر روی سطح نانویی ناهموار برگ و گل گیاه، آلودگی، گرد و غبار و... که در قطرات آب معلق شده‌اند را نیز با خود خارج می‌کنند. در شکل ۱۷ اثر دفع آب، لک و خود تمیزشوندگی برگ گل نیلوفر در حالت عادی و زیر میکروسکوپ نشان داده شده است.



شکل ۱۷ــ اثر دفع آب، لک و خود تمیز شوندگی برگ گل نیلوفر در زیر میکروسکوپ و در حالت عادی

منسوجات فراوری‌شده با برخی نانومواد، قادرند مایعات را جذب کرده یا حرکت دهند و با این کار هر گونه آب، لک و آلودگی از قبیل لک سس، قهوه، چمن، روغن و... را از منسوج دور کنند و در عین حال خللی در تنفس پذیری منسوج ایجاد نکنند. اساس کار لباس‌های ضد لک و ضد آب تغییر در کشش سطحی منسوج می‌باشد.

دو روش مختلف برای ایجاد خاصیت خودتمیزشوندگی در منسوجاتی نظیر رومیزی‌ها، ملحفه‌ها و... وجود دارد:

روش اول: نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم با قابلیت فوتوکاتالیستی که از توانایی تجزیهٔ لکه‌های آلی برخوردار هستند، روی سطح منسوج تثبیت می‌شوند. با استفاده از انرژی پرتوی خورشید، دی‌اکسید تیتانیوم، دو مادهٔ واکنش‌دهندهٔ اکسایشی رادیکال‌های هیدروکسیل و آنیون سوپراکسید ایجاد می‌کند. این دو ماده از طریق واکنش اکسایشی، لکه آلی را تجزیه می‌کنند.

روش دوم: با ابر آب‌گریز کردن سطح منسوجات با استفاده از نانولوله‌های کربنی، نانوذرات سیلیس و کامپوزیت‌های پلیمری حاوی فلوئورواکریلات ـ نانوذرات، قطرات آبی که بر سطح منسوج می‌لغزند، آلاینده‌های سطحی منسوج را جدا می‌کنند.

ایجاد ناهمواری‌های نانومتری بر سطح منسوج (اصلاح شیمیایی و هندسی سطح منسوج) که مانعی در جهت چسبندگی سطحی بر سطح منسوج شده و امکان آب‌گریزی و دفع آلاینده‌های سطحی را فراهم می‌کند. آلودگی‌های سطح منسوج به‌راحتی در حضور آب از روی منسوج آب‌گریز غلتیده و جدا می‌شود و به این ترتیب سطح منسوج تمیز می‌گردد. جالب است بدانید که در ضدلک و ضدباکتریال کردن پارچه‌ها از خواص طبیعی گل‌هایی نظیر بنفشه، الگوبرداری می‌شود. روی سطح این گل‌ها برجستگی‌ها یا پرزهای بسیار ریز در حد نانو وجود دارد که مانع از نفوذ آب در گل‌ها و برگ‌ها می‌شود.

تکمیل ضدالکتریسیته ساکن

در اثر تماس یا مالش منسوجات به بدن اشخاص، الکتریسیته ساکن در بدن شارژ می‌شود. برخی موارد تجمع بار الکتریکی به حدی می‌رسد که در اثر تماس شخص با فلزات، تخلیه بار همراه با جرقه همراه می‌شود که باعث ایجاد یک شوک و احساس ناخوشایند در اشخاص و گاهاً احتمال انفجار در محیط گازهای قابل اشتعال می‌گردد. به منظور ممانعت از ایجاد الکتریسیته ساکن در منسوجات، برخی از الیاف با مواد افزودنی آنتی‌استاتیک تکمیل می‌شوند. این مواد با افزایش رسانایی سطح لیف و یا کاهش اصطکاک میان الیاف، مانع ایجاد الکتریسیته و خواص نامطلوب و خطرناک آن می‌گردد. استفاده از نانوذرات کربن در تولید الیاف و یا استفاده از دیسپرسیون این ذرات به‌عنوان ماده تکمیلی بر روی الیاف می‌تواند با افزایش میزان رسانش و امکان انتقال الکترون، موجبات کاهش میزان الکتریسیته ساکن را بر روی منسوجات و کفپوش‌ها فراهم کند. استفاده از نانوذرات فلزی نظیر نقره، مس، روی، نیکل و... علاوه بر کاهش میزان الکتریسیته ساکن در الیاف منجر به ایجاد خواصی از قبیل خواص ضدمیکروبی و ضد پرتوهای فرابنفش در منسوجات می‌گردد. در مورد کفپوش‌های اکریلیکی پوشش نانوذرات نقره، تیتانیوم و روی بر سطح الیاف موجب ایجاد خواص ضدمیکروبی، آنتی‌استاتیک، محافظت در برابر پرتوی فرابنفش، دافع آب و کندسوزی می‌شود. از افشانه‌های خانگی حاوی نانوذرات نیز می‌توان برای کاهش میزان الکتریسیته ساکن در کف‌پوش‌ها و منسوجات استفاده کرد.

منسوجات هوشمند

الیاف و پارچه‌های مبتنی بر فناوری نانو، بازه وسیعی از منسوجات هوشمند را شکل داده اند که می‌توانند در کاربردهای متفاوتی از قبیل لباس‌های ورزشی، ایمنی، منسوجات بهداشتی و پزشکی، ژاکت‌های خودشبرنگ، ژاکت‌های سرگرم‌کننده، جلیقهٔ حسگر کودک، لباس‌های مد، پتو و حوله، کفپوش‌ها و... استفاده شوند. در برخی منسوجات هوشمند یک سامانهٔ هوشمند حاوی نانوذرات یا نانوکپسول‌های حافظه‌دار و تغییر فازدهنده وجود دارد که قادر به کنترل و حس‌کردن شرایط، محرک‌های محیطی، داده‌های حیاتی می‌باشد. محرک‌ها و پاسخ‌ها به‌صورت شاخص‌های الکتریکی، حرارتی، مکانیکی، شیمیایی، مغناطیسی و... می‌باشند.

منسوجات تنظیم‌کنندهٔ دما نمونه‌ای از منسوجات هوشمند به‌شمار می‌روند؛ به‌طوری که در محیط‌های سرد با آزادسازی انرژی حرارتی ذخیره‌شده،گرما تولید می‌کنند و در محیط‌های گرم با جذب عرق بدن و انرژی حرارتی، احساس خنکی را ایجاد می‌کنند. اخیراً با ترکیب فناوری‌های حسگر بر روی منسوجات، امکان تولید پارچه‌های تغییر رنگ‌دهنده در شرایط مختلف(مثل آفتاب‌پرست) جهت استفاده در استتار و... فراهم شده است. پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۲میلادی رشد منسوجات هوشمند و فنی در دنیا از مرز ۴۵درصد فراتر رود.

آیا می‌دانید

در منسوجات هوشمند با استفاده از فناوری نانو و تلفیق حسگرها و مدارات الکترونیکی و تغییر خواص فیزیکی ناشی از یک واکنش شیمیایی نظیر تغییر سطح مقطع الیاف و... خواصی نظیر جذب و دفع مواد، امکان تطبیق و تعدیل دمای بدن، محافظت از بدن در شرایط سخت، ذخیره انرژی، رهگیری و انتقال علائم حیاتی و... به پارچه داده می‌شود.

نکات ایمنی و بهداشت

بسیاری از منسوجات هوشمند در لباس‌های ورزشی با هدف تأمین راحتی، ایمنی، انعطاف‌پذیری، نرمی و بهداشت استفاده می‌شوند. انتقال برخی خواص ضدمیکروبی، ضدپرتو، ضدبو، ضدلک و... به لباس‌های ورزشی از طریق پوشش‌دهی منسوجات با فناوری نانو و استفاده از نانوالیاف با خواص ویژه انجام می‌شود.

معایب و مضرات فناوری نانو

هرچند گفته می‌شود نانوفناوری، قابلیت تولید و کاربرد فناوری‌های تمیزتر را دارا می‌باشد؛ اما در کاربرد نانومواد یا ریزمواد لازم است جانب احتیاط رعایت شود. تحقیقات در مورد خطرات بالقوهٔ نانوذرات به اندازهٔ تجاری‌سازی نانومواد پیشرفت نکرده است. تحقیقات نشان می‌دهد، برخی از نانوذرات نظیر نانونقره و دی‌اکسید تیتانیوم به‌کار رفته در البسه تحت تأثیر عوامل محیطی و تعریق از سطح منسوج جدا می‌گردد. استفاده گستردهٔ نانونقره در منسوجات همچنین منجر به افزایش نقره در پساب کارخانجات تکمیل نساجی می‌شود که همین امر باعث مسمومیت و از بین‌رفتن آبزیان می‌گردد. با افزایش غلظت یون‌های نقره در پساب‌های کارخانجات نساجی و استفاده از لجن آن به‌عنوان کود، ضمن آلودگی اکوسیستم خاک در درازمدت، محصولات کشاورزی نیز به این سم آلوده می‌گردند. یون‌های نقره در غلظت‌های پایین باعث تکامل باکتری‌های مقاوم در برابر آنتی‌بیوتیک می‌گردد.

تحقیقات نشان می‌دهد، افرادی که در معرض انتشار نانومواد قرار دارند، ممکن است دچار عوارض جبران‌ناپذیری گردند. ورود نانوذرات به آب‌های زیرزمینی و کشاورزی سبب آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌گردد.
یک دسته از نانومواد خطرناک، کربن سیاه می‌باشد که در صنایع چاپ، نساجی، لاستیک‌سازی و... استفاده می‌شود که استنشاق این ماده در درازمدت منجر به ایجاد بیماری‌های تنفسی نظیر برونشیت و سرطان ریه می‌گردد. از نانومواد مضر دیگر می‌توان به نانوذرات کربن و نانواکسید تیتانیوم به‌کار رفته در مواد آرایشی و بهداشتی اشاره کرد که استفاده بلندمدت آنها باعث ورود به سلول‌های بدن و کاهش قدرت دفاعی بدن و تصلب بافت‌ها می‌گردد.
دستهٔ سوم نانوذرات مضر، نانوذراتی می‌باشند که به‌صورت ناخواسته به عنوان محصول فرعی بعضی فرایندها مثل سوخت‌های فسیلی، گداختن فلزات و حرارت‌دادن به پلیمرها تولید می‌شوند و از طریق استنشاق و پوست جذب بدن و سیستم گردش خون می‌شوند.

چشم‌انداز نانو در صنعت نساجی

منسوجات همیشه نقش حیاتی در زندگی انسان بازی کرده‌اند و با گسترش فناوری نانو نقش آن در قرن بیست‌ویکم پررنگ‌تر شده است. از طرفی؛ در حالی که هیچ جایگزین جدی برای منسوجات متعارف در زمینه پوشاک و دکوراسیون داخلی وجود ندارد، پیش‌بینی می‌شود، در آینده‌ای نزدیک منسوجات و مواد مرکب مبتنی بر منسوجات، جایگزین بسیاری از مواد فلزی و پلاستیکی مورد استفاده در صنعت خودرو، کشتی‌سازی، ساختمان، هوانوردی، برق و الکترونیک، کالاهای ورزشی و پزشکی، تجهیزات کشاورزی، مواد چوبی یا چرمی مبلمان و... شوند.
در مقیاس جهانی، صنعت تولید الیاف، منسوجات و محصولات مبتنی بر منسوجات در حال رشد و تکامل می‌باشد. بخش قابل توجهی از این رشد در مناطقی از جهان که تجربه سریع نرخ رشد در مصرف منسوجات مرسوم را دارند، نظیر کشورهای آسیای جنوبی و شرقی و آمریکای لاتین صورت خواهد گرفت. بنابراین چشم‌انداز آیندهٔ صنعت نساجی و پوشاک تنها حول مفهوم پویایی، نوآوری، حرکت مبتنی بر دانش و فناوری و شبکه‌های مشتری‌مدار تجارت شکل می‌گیرد.
از نظر چشم‌انداز بازار، منسوجات الکترونیکی و هوشمند در ابتدای راه می‌باشند. در عین حال توسعهٔ آنها بسیار امیدبخش می‌باشد. در کوتاه‌مدت، اجزایی مانند آنتن‌های پارچه‌ای، الیاف تحریک‌شونده با گرما، حسگرهای دما، الکترودهای حسگر پارچه‌ای، کلیدهای عمل کننده با فشار، سلول‌های خورشیدی و پیل‌های خورشیدی تأمین برق و... و در بلند مدت رایانه‌های الکترونیکی آلی، پیل‌های سوختی، ژنراتورهای حرارتی و... با گسترش فناوری نانو بیشتر پیشرفت خواهند کرد.
در آینده‌ای نزدیک همچنین سربازان می‌توانند در پناه یونیفرم‌های نانویی مجهز به سیستم حسگر، الکترونیکی، ضدگلوله سبک، بادوام، مقاوم، نامرئی و همرنگ‌شونده با محیط اطراف، ایمنی بیشتری داشته باشند. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۲میلادی، رشد جهانی منسوجات نانوفناورانه در زمینهٔ پوشاک ۱۱درصد، منسوجات ورزشی ۱۳درصد، پزشکی ۲۲درصد، نظامی ۲۹درصد، خانگی ۳۷درصد، هوشمند و فنی ۴۵درصد رشد داشته باشند.

نکات زیست‌محیطی

پیش‌بینی می‌شود استفاده از منسوجات هوشمند و خودتمیزشونده، به علت تمایل مصرف‌کنندگان به افزایش سطح پاکیزگی، بحران و کمبود آب و مصرف بی‌رویه مواد شوینده نفتی با رشد چشمگیری در آینده‌ای نه چندان دور مواجه شود که نویدبخش حفاظت بیشتر از محیط‌زیست می‌باشد.

شایستگی ۲ــ کاهش تأثیر عملیات نساجی بر محیط‌زیست

تأثیر مواد آلاینده بر محیط‌زیست

حفظ محیط‌زیست و بازیافت پسماندها یکی از دغدغه‌های همیشگی بشر بوده است؛ به‌طوری که امروزه باعث ایجاد محدودیت‌هایی در این زمینه شده است.آلودگی محیط‌زیست یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین معضلاتی می‌باشد که جهان امروز با آن مواجه می‌باشد. آگاهی انسان نسبت به اهمیت محیط‌زیست سالم و پاک برای زندگی بهتر و سالم‌تر رو به افزایش می‌باشد. تولید جهانی و استفاده از ترکیبات شیمیایی، که بسیاری از آنها در برابر تجزیهٔ بیولوژیکی مقاوم می‌باشند، در چند دههٔ اخیر به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. این ترکیبات بعد از مصرف وارد محیط‌زیست می‌شوند؛ بنابراین ارائهٔ راهکارها و استفاده از فناوری‌های جدید جهت کاهش مصرف و حذف آلاینده‌ها از محیط‌زیست ضروری می‌باشد.

پیشرفت و توسعه تکنولوژی در جوامع صنعتی و در حال رشد از یک منظر برای مردم آن جوامع، رفاه و آسایش به ارمغان آورده است، ولی از جنبهٔ دیگر صدمات و ضررهایی به محیط‌زیست آنها وارد شده است که گاهی فاجعه‌آفرین می‌باشد و در بیشتر موارد، امکان جبران ضایعات و خسارات واردشده به اکوسیستم پیرامون غیر ممکن می‌باشد. بر هم‌زدن موازنهٔ فعال اکوسیستم، باعث نابودی و از بین‌رفتن گونه‌های مختلف جانوری و گیاهی می‌شود؛ به‌عنوان مثال اگر میزان اکسیژن محلول در آب‌های سطحی از میزان ۶میلی‌گرم در لیتر کمتر شود، ادامهٔ حیات آبزیان غیرممکن می‌شود.

نکات زیست‌محیطی

پساب یا فاضلاب صنایع نساجی یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیست به‌شمار می‌رود که به علت تنوع روش‌های تولید، مصرف رنگ‌زا و مواد شیمیایی متنوع، آلودگی، پساب و فاضلاب‌های متنوع و بسیار زیادی تولید می‌کنند که در فرایند بازیافت، تصفیه و پاکسازی دارای پیچیدگی‌های خاصی می‌باشند. به علت غیر قابل تجزیه بیولوژیکی‌بودن این پساب‌ها، ورود آنها به محیط‌زیست، آثار منفی بسیار زیادی بر زیست جانداران و سلامت انسان می‌گذارد و آثار و عوارض نامطلوبی را در آینده به همراه خواهد داشت.

فعالیت کلاسی ۲

به کمک مربی خود فهرستی از عملیات نساجی که منجر به آلودگی محیط‌زیست می‌شود را جمع‌آوری کنید و به بحث و تبادل نظر بپردازید.

مواد آلایندهٔ موجود در پساب نساجی

مهم‌ترین آلودگی در صنعت نساجی، آلودگی آب می‌باشد. هرچند آلودگی‌های دیگر نظیر آلودگی ناشی از تبخیر مواد شیمیایی و پرز، گردوغبار، سروصدا و... را نیز نباید از نظر دور داشت؛ ولی آلودگی‌های مهم و قابل توجه در صنایع نساجی شامل مواد معلق مثل روغن و چربی، خرده‌الیاف و پرزها، مواد سطح فعال، مواد رنگ‌زا، اسیدها و قلیاها، نمک‌ها، گرد و خاک و کثافات، واکس‌ها، مواد آهاری، غلظت‌دهنده‌ها، پیگمنت‌ها، دترجنت‌ها، صابون‌ها و... می‌باشد.
در میان انواع پساب‌های صنعتی، تخلیه پساب‌های رنگی و سمّی بخش‌های رنگرزی و چاپ با بار آلودگی بسیار بالا، معضلات زیست‌محیطی شدیدی را به‌وجود می‌آورد. عمده‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیست در بخش نساجی پساب یا فاضلاب‌های صنعتی حاصل از فرایندهای شست‌وشو، رنگرزی، چاپ و تکمیل نساجی می‌باشد؛ به‌طوری‌که جهت تولید هر کیلوگرم محصول صدها لیتر آب مصرف می‌شود. حدود ۱۵درصد از مواد رنگ‌زا در طی فرایندهای رنگرزی، چاپ و... هدر می‌رود و به‌صورت پساب وارد محیط‌زیست می‌شود. هر مترمکعب پساب تصفیه نشده می‌تواند ۵۰مترمکعب آب را آلوده کند.
تخلیه پساب‌های رنگی به همراه سایر مواد کمکی مصرفی، ترکیبات آلی، مواد جامد معلق، فلزات سنگین با قابلیت تجزیه زیست‌محیطی کم و... در فرایندهای تر و خشک نساجی سبب بر هم‌زدن جنبه‌های زیبایی محیط‌زیست، جلوگیری از نفوذ نور به داخل آب، اختلال در عمل فتوسنتز گیاهان آبزی و جلبک‌ها در آب، کاهش انتقال اکسیژن به داخل آب، از بین‌رفتن گونه‌های مختلف جانوری، گیاهی و آبزیان، تغییرات جنسی در آبزیان، گسترش امراض و بیماری‌های مختلف، افزایش اختلالات ذهنی و گوارشی، گسترش انواع سرطان‌ها و بیماری‌های لاعلاج، شیوع میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، آلودگی خاک، و آب‌های زیرزمینی، خزه‌زدگی و... می‌شود.
پساب صنایع نساجی از نظر کمی زیاد و از نظر کیفی بسیار آلاینده و سمّی می‌باشد. پساب کارخانجات نساجی که در فرایندهای آهارزنی، شست‌وشو، رنگرزی، چاپ و تکمیل کالای نساجی تولید می‌شود حاوی رنگ‌زا و ترکیبات آلی، مواد جامد معلق، فلزات سنگین با قابلیت تجزیه زیست‌محیطی کم و... با PHهای متفاوت می‌باشند و شاخص‌های COD (اکسیژن مورد نیاز شیمیایی) و BOD (اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی) و TSS (کل ذرات جامد معلق) آنها بسیار بالا می‌باشد.

پساب شست‌وشو، رنگرزی، چاپ و تکمیل

پساب حاصل از شست‌وشو و آهارگیری یکی از آلوده‌ترین پساب‌ها در نساجی می‌باشد. پساب حاصل از شست‌وشوی مواد اولیه نساجی نظیر خرده‌الیاف و پرز و کثافات پشم، پنبه و الیاف مصنوعی، حجم زیاد و گسترده‌ای از پساب‌های تولیدی در این صنعت را تشکیل می‌دهد. در این پساب مواد معلق یا محلول، مواد رسوب‌شونده، کلوئیدها و املاح و... از قبیل خار و خاشاک، چربی و روغن، واکس، شوینده‌ها، مواد آهاری، نشاسته، نرم‌کننده، انواع اسیدها و قلیایی‌ها، واکس، و مواد تعاونی دیگر می‌باشد. پساب‌های سفیدگری، مرسریزاسیون و کربونیزاسیون محتوی باقی‌مانده مواد سفیدکننده مانند ترکیبات کلردار و آب‌اکسیژنه، آب‌ژاول، مواد اکسیدکنندهٔ دیگر، مواد قلیایی و اسیدی آلی و معدنی و... می‌باشد.
مواد رنگ‌زا و تعاونی مصرفی در صنایع نساجی بسیار متنوع و در حال تغییر می‌باشد. پساب‌های رنگرزی و مواد شیمیایی همراه آن از قبیل انواع رنگ‌زاها و پیگمنت‌ها، دیسپرس‌کننده‌ها، یکنواخت‌کننده‌ها، نفوذدهنده‌ها، احیاکننده‌ها، اکسیدکننده‌ها، کریرها، اسیدها، بازها، ریتاردرها، غلظت‌دهنده‌ها و... از نظر کیفیت شیمیایی،

ترکیب‌های پیچیده‌ای می‌باشند؛ بنابراین تصفیه آن بسیار مشکل می‌باشد. بعضی از انواع مواد رنگ‌زا حاوی ترکیبات فلزی مانند مس، کروم، کبالت و... می‌باشند که وجود آنها در پساب رنگرزی باعث پیچیدگی تصفیه پساب می‌گردد. در اکثر موارد لازم است، جداسازی کروم از پساب رنگرزی قبل از اختلاط پساب با سایر پساب‌ها انجام شود.

پساب حاصل از شست‌وشوی کالای چاپ‌شده یا شابلون‌ها محتوی مقدار زیادی رنگ‌زا، رنگدانه، غلظت‌دهنده و... باقی‌مانده بر کالا می‌باشد. در قسمت تکمیل نیز انواع عملیات تکمیلی نظیر آهارگیری، ضدآب کردن، ضدآتش کردن، ضدبید کردن، ضدالکتریسیته ساکن و... انجام می‌شود که هر کدام مستلزم مصرف آب و بالطبع تولیدکنندهٔ پساب می‌باشند. پساب چاپ و تکمیل همانند پساب رنگرزی از تنوع زیاد رنگ‌زا و مواد تعاونی برخوردار است.

درجهٔ حرارت اغلب پساب‌های نساجی بالا می‌باشد که همین دمای بالا مانع فعالیت مناسب باکتری‌ها در تصفیه بیولوژیکی پساب می‌شود. به همین علت لازم است جهت تصفیه پساب، تعدیل حرارت انجام شود.

تصفیه پساب در صنعت نساجی

در کتاب دانش فنی پایه سال دهم به اختصار با مباحثی از قبیل آلودگی‌های آب و خاک و هوا و صوتی، پساب‌های صنعت نساجی، آزمایش‌های پساب، اندازه‌گیری PH و شاخص‌های COD (اکسیژن موردنیاز شیمیایی) و BOD (اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی)، TSS (ذرات جامد معلق)، اندازه‌گیری مواد معلق، سمّی، پاک‌کننده، روغن‌ها، مواد آلی، فلزات سنگین و سایر مواد موجود در پساب، مراحل تصفیه پساب شامل فیزیکی، تنظیم PH در محدوده ۷ تا ۸، جداکردن مواد آلی یا معدنی محلول موجود از روش‌هایی نظیر رسوب‌دادن، زغال فعال، اکسیداسیون، مواد اکسیدکننده، صافی‌های بسیار ریز و... آشنا شدید. در این بخش از کتاب فنی دانش تخصصی با مباحث مکمل دیگری از تصفیه پساب پرداخته می‌شود.

فرایند رنگرزی و تکمیل طیف وسیعی از رنگ‌ها و مواد شیمیایی را به پساب صنعت نساجی وارد می‌کند؛ به‌طوری که به ازای هر کیلو کالا ۳۰ تا ۶۰لیتر پساب تولید می‌شود. روش‌های تصفیه زیستی به‌علت کم‌بودن قابلیت تجزیه‌پذیری زیستی رنگ‌زا و مواد شیمیایی و سمّی چندان مؤثر نمی‌باشد. تصفیه پساب به فرایندهایی اطلاق می‌شود که برای حذف آلاینده‌های موجود در پساب با هدف تولید پساب سازگار با محیط‌زیست، استفادهٔ مجدد از پساب و تجزیه مواد آلی، جلوگیری از شیوع بوهای نامطبوع و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست برای تخلیه پساب صنایع نساجی به انواع منبع پذیرنده بر طبق جدول ۳ می‌باشد.

جدول ۳ـ استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست برای تخلیه پساب نساجی

پارامتر	PH	COD۵ mg/l	BOD mg/l	TSS mg/l	فراورده نفت
استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی	۶/۵ـ۸/۵	۱۰۰	۵۰	۶۰	۱۰
استاندارد تخلیه به چاه‌های جذبی	۵ـ۹	۱۰۰	۵۰	ــ	۱۰
استاندارد مصارف کشاورزی	۶ـ۸/۵	۲۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰

مهم‌ترین روش‌های تصفیه پساب در نساجی عبارت‌اند از:

۱ فیزیکی و شیمیایی (انعقاد با پلیمر، ترسیب یونی کاتیونی، جذب مواد معلق توسط منافذ کربن یا زغال فعال، تبادل یونی، فنتون، فرایند فتوکاتالیستی بر پایه پرتوفرابنفش (UV) یا نور مرئی، روش فراصوت، تابش نور خورشید یا نور مصنوعی، تصفیه الکترولیتی، انعقاد با آهک و فلوکولاسیون و...)

۲ گندزدایی و کنترل میکروبی یا تصفیه بیولوژیکی و زیستی (استخر هوازی یا بی‌هوازی تثبیت فاضلاب، لاگون هوادهی، فرایند لجن فعال، صافی چکنده، سانتریفیوژی، صاف‌کردن فشاری، پمپ خلأ، آبگیر مویین، الک‌کردن، استفاده از نانوذرات نقره و اکسید روی و منیزیم و نانولوله کربنی، دی‌اکسید تیتانیوم و...)

۳ روش اکسیداسیون (اکسیژن تحت فشار، پمپ هوای مکانیکی)

۴ استفاده از اکسیدکننده‌ها (کلر و آب‌اکسیژنه، ازن)

۵ الکترو شیمیایی (انعقاد الکتریکی، اکسایش ـ کاهش شیمیایی)

۶ استفاده از فرایندهای غشایی و صافی‌های مخصوص

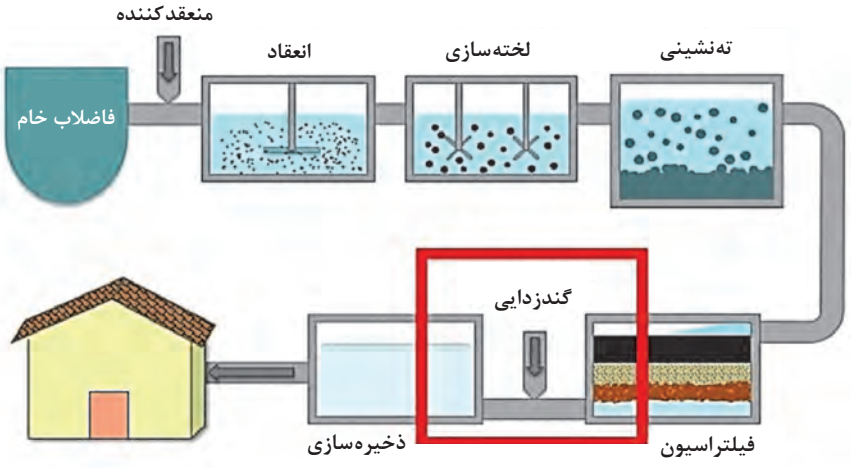
۷ فناوری نانو (فرایند جذب، فرایند فوتوکاتالیستی، فرایند فیلتراسیون، فرایند الکتروشیمیایی، نانوذرات مغناطیس و...)

انتخاب روش مناسب برای تصفیه پساب به خصوصیات پساب، صرفهٔ اقتصادی، سهولت عملیات، استاندارد تخلیه و... بستگی دارد. متداول‌ترین روش‌های حذف رنگ از فاضلاب نساجی شامل انعقاد الکتریکی و لخته‌سازی، تصفیه با معرف فنتون یا الکتروفنتون، فتواکسایش، جذب سطحی، ازن‌زنی، اسمز معکوس، استفاده از فیلترهای غشایی و اکسایش پیشرفته می‌باشد. شایان ذکر است که امروزه استفاده از روش‌های نانو کربن فعال، اسمز معکوس، الکترو شیمی، تبادل یونی، غشاهای نانو صافش، ازن‌زنی و... علی‌رغم بازدهی بالا به دلیل مشکلات عملیاتی و هزینه‌بر بودن در حذف آلاینده‌های نساجی مرسوم نمی‌باشد. تصفیه زیستی مکمل روش‌های تصفیه شیمیایی در حذف تمام آلودگی‌ها می‌باشد. در این مرحله با افزودن موادی نظیر ازت، فسفات و متانول به پساب، ترکیبات مورد نیاز جهت زیست‌آنزیم‌ها و باکتری‌ها در آب با PH خنثی فراهم می‌شود.

در شکل ۱۸ برخی از مهم‌ترین روش‌های متداول تصفیه پساب نشان داده شده است.

شکل ۱۸ــ روش‌های متداول تصفیه پساب در صنعت نساجی

تصفیه زیستی آخرین مرحله تصفیه پساب می‌باشد. در شکل ۱۹ یکی از مراحل تصفیه زیستی پساب پس از فرایند تصفیه فیزیکی و شیمیایی، جهت مصرف مجدد در فرایندهای تولید و رهاسازی در طبیعت نشان داده شده است.



در شکل ۱۹ـ مراحل تصفیه زیستی پساب جهت مصرف مجدد در فرایندهای تولید و رهاسازی در طبیعت

بهداشت عمومی

با گسترش هرچه بیشتر منسوجات نانویی با قابلیت‌ها و کارایی‌های گسترده، امکان حفظ سلامت و بهداشت عمومی، پایش سلامت افراد به خصوص افراد آسیب‌پذیر جامعه نظیر کودکان و سالمندان فراهم می‌شود.

حذف رنگ‌زا از پساب رنگرزی

روش‌های متفاوتی برای از بین‌بردن رنگ پساب حاصل از رنگرزی موجود می‌باشد. یکی از معروف‌ترین این روش‌ها استفاده از نانوساختارهای دی‌اکسید تیتانیوم به‌عنوان فوتوکاتالیست می‌باشد که به‌علت نیاز به نور خورشید و نور مرئی از محدودیت‌هایی برخوردار می‌باشد.

حذف رنگ‌زای متیلن‌بلو (رنگ‌زای پرکاربرد در رنگرزی) در حضور نانوذرهٔ دی‌اکسید تیتانیوم در مدت زمان ۳۰دقیقه امکان‌پذیر می‌باشد. نانوکاتالیست (پلادینیوم ـ هیدروکساپاید ـ ذرات نانومغناطیسی اکسید آهن) بدون نیاز به نور مرئی در عملیات حذف رنگ از پساب رنگرزی استفاده می‌شود. با به‌کاربردن نانولوله‌های کربن چندجداره در محیط اسیدی نیز آلاینده‌های زیست‌محیطی و رنگ‌ها از پساب رنگرزی حذف می‌شوند.

عکس و فیلم

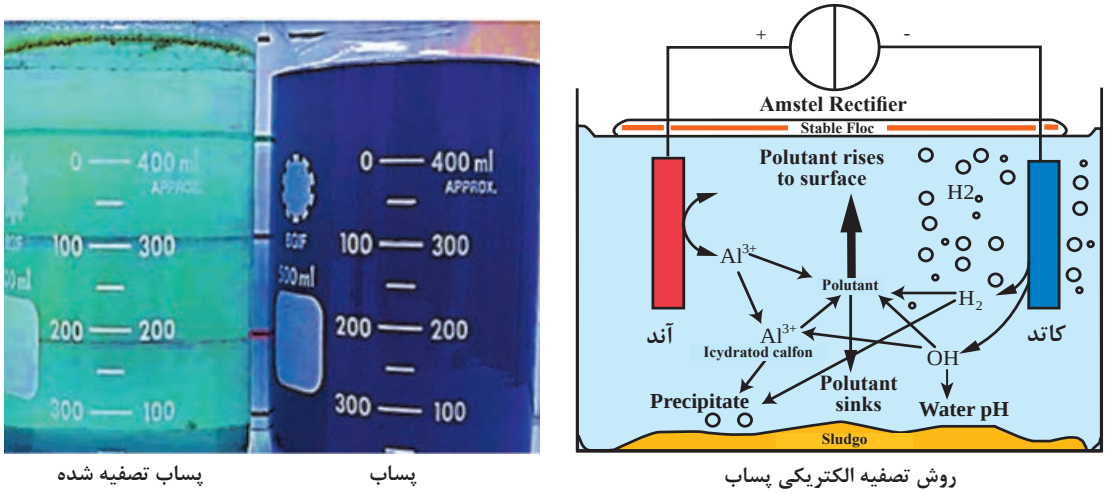
هنرآموز گرامی، با نمایش فیلم، عکس، اسلاید و انیمیشن یا بازدید و... هنرجویان را با پساب‌های موجود در نساجی و راه‌های مختلف تصفیه انواع پساب آشنا کنید و راهکارهای بهینه را تشریح کنید.

تصفیه پساب به روش انعقاد الکتریکی (روش EC)

یکی از بهترین و مؤثرترین روش‌ها جهت تصفیه پساب رنگرزی، استفاده از روش الکتروشیمیایی و در رأس آن انعقاد الکتریکی یا الکتروکوگولاسیون می‌باشد. در این روش با اعمال جریان برق مستقیم DC به الکترودهای صفحه‌ای فلزی آهن یا آلومینیم شناور در پساب یک الکترولیت شیمیایی در فاضلاب ایجاد می‌شود. در طی این فرایند یون‌های فلزی در آند و یون‌های هیدروژن و اکسیژن در کاتد تشکیل می‌شود. عوامل منعقدکننده یا لخته‌های هیدروکسید فلزی در آند با تولید یون‌هایی با بار مثبت قابلیت جذب سطحی بالای مواد آلاینده با بار منفی به همراه حذف فلزات سنگین، حذف TSS و COD و BOD و کدورت، مواد نفتی و روغن‌ها، رنگ‌زا و... را دارا می‌باشند. در این فرایند با به هم چسبیدن ذرات معلق و کلوئیدی ریز یک کمپلکس قابل ته‌نشینی رسوب می‌کند. در ضمن در طی این فرایند مقادیری گاز هیدروژن در کاتد متصاعد می‌شود که سبب شناورسازی ذرات سبک‌تر بر روی سطح پکیج انعقاد الکتریکی می‌گردد.

فرایند انعقاد الکتریکی یک واکنش الکترولیز می‌باشد که اجرای واکنش‌های الکتروشیمیایی در آن مستلزم اعمال پتانسیل الکتریکی مناسب بین دو یا چند الکترود فلزی جهت انجام واکنش اکسایش ـ کاهش(آند ـ کاتد) در سطح مشترک الکترود و محلول از طریق یک منبع الکتریکی خارجی می‌باشد.

در شکل ۲۰ فرایند انعقاد الکتریکی و شناورسازی جهت تصفیه پساب به همراه تصفیه یک نمونه پساب رنگی با این مکانیزم نشان داده شده است.



شکل ۲۰ـ فرایند انعقاد الکتریکی جهت تصفیه پساب به همراه تصفیه یک نمونه پساب رنگرزی با آن

روش انعقاد الکتریکی به علت وسعت عمل برای تصفیه انواع پساب‌ها، طراحی ساده سیستم، هزینهٔ پایین راه‌اندازی و بهره‌برداری، عدم نیاز به مواد شیمیایی خاص، کارکرد طولانی الکترودها، زمان واکنش کم، نیاز به راکتور تصفیه کوچک، بازرسی هفتگی، تولید کم لجن، گندزدایی آب، سازگاری با محیط‌زیست، حذف ۹۹درصد فلزات سنگین، حذف ۵۰ تا ۸۰درصد از TSS، حذف بیش از ۵۰درصد از COD و... یکی از تأثیرگذارترین و بهترین روش‌های تصفیه پساب می‌باشد.

روش انعقاد الکتریکی بر خلاف انعقاد شیمیایی نیاز به تزریق انواع مواد معدنی و شیمیایی منعقدکننده و کمک منعقدکننده پلیمری و موادی جهت تنظیم PH ندارد و لجن تولیدی آن نیز کمتر می‌باشد. حجم راکتور تصفیه در انعقاد شیمیایی بیش از دو برابر انعقاد الکتریکی می‌باشد و زمان بازرسی به راکتور انعقاد شیمیایی به‌طور مستمر می‌باشد.

آیا می‌دانید

نتایج آزمایش ۲۵۰ سی‌سی پساب رنگی با برقراری جریان برق با شدت ۸۰ تا ۹۰ آمپر بر متر مربع در زمان ۸ دقیقه، حذف ۹۴ درصد شدت رنگ و ۸۲ درصد میزان COD پساب را نشان می‌دهد. کارایی حذف رنگ و COD پساب به میزان تولید یون‌های الکترودهای به‌کار گرفته شده دارد که این میزان به شدت جریان و زمان الکترولیز وابسته است.

فناوری نانو در تصفیه پساب

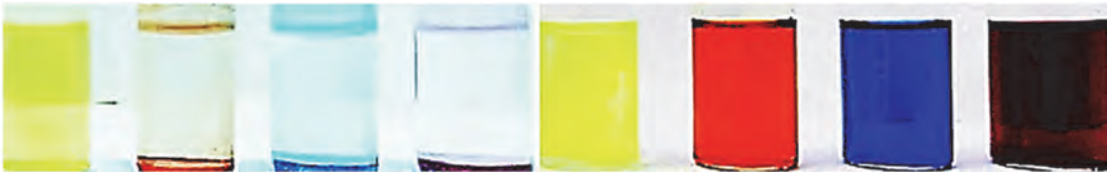
امروزه با گسترش فناوری نانو، بخش تصفیه آب و پساب در صنایع نساجی نیز از این فناوری بهره‌مند شده است. استفاده از نانوجاذب‌ها، اصلاح جاذب‌ها با نانوساختارها، پوشش‌دهی سطح الکترودها با نانومواد، نانوفیلترها، نانوفتوکاتالیست‌ها، نانوذرات مغناطیسی و... به دلیل تغییر در خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی مواد، بهبود چشمگیری در روش‌های تصفیه معمولی می‌دهد. در ادامه به چند مورد از استفاده فناوری نانو در تصفیه پساب پرداخته می‌شود.

تصفیه پساب با نانوجاذب‌ها

استفاده از مواد نانوجاذب با ویژگی‌هایی از قبیل سطح جانبی و مکان‌های جذب بیشتر، سرعت بالای نفوذ آلاینده در آنها، قابلیت تنظیم اندازه حفره‌های ساختاری و... سبب افزایش کارایی فرایند جذب آلاینده‌ها در تصفیه پساب می‌شود. انواع مختلفی از این نانومواد جاذب برای حذف آلاینده‌ها از پساب مورد استفاده قرار می‌گیرد که پرکاربردترین آنها نانولوله‌های کربنی تک‌دیواره و چنددیواره، نانوجاذب‌های اکسید فلزی، نانوجاذب‌های پلیمری، اکسید گرافن و گرافن، پلیمرهای درخت‌سان و پرشاخه می‌باشد. به‌عنوان مثال هر گرم پودر گرافیت سطحی با مساحت ۰/۶ مترمربع را می‌پوشاند؛ درحالی‌که نانولوله کربنی و گرافن به‌ترتیب سطحی با مساحت ۲۵۴ و ۲۶۳۰ مترمربع را پوشش می‌دهند؛ بنابراین میزان مصرف این مواد برای حذف آلاینده‌ها بسیار کاهش می‌یابد. مزیت دیگر این نانوجاذب‌ها، احیا و امکان بازیابی و استفاده مجدد از این مواد بدون کاهش چشمگیر بازدهی آنها می‌باشد.

حضور گروه‌های فعال انتهایی و همچنین حفره‌های میانی در ساختمان پلیمرهای درخت‌سان و پرشاخه، این مواد را به ابرجاذب‌هایی تبدیل می‌کند که قادر به حذف ترکیبات آلی و فلزات سنگین می‌باشند. پرکاربردترین پلیمرهای درخت‌سان در حوزه تصفیه پساب پلی‌آمیدوآمین و پلی‌پروپیلن ایمین می‌باشد. یکی دیگر از روش‌ها برای استفاده از فناوری نانو در فرایند جذب، اصلاح مواد جاذب با نانوساختارها و یا تهیهٔ نانوکامپوزیت‌ها برای

حذف آلاینده‌ها می‌باشد. در شکل ۲۱ کاهش شدت رنگ در پساب رنگ‌زا قبل و بعد از استفاده از نانو جاذب‌ها نشان داده شده است.



شکل ۲۱ــ کاهش شدت رنگ در پساب رنگ‌زا قبل و بعد از استفاده از نانو جاذب‌ها

فرایند نانوفیلتراسیون (فرایند نانوغشایی)

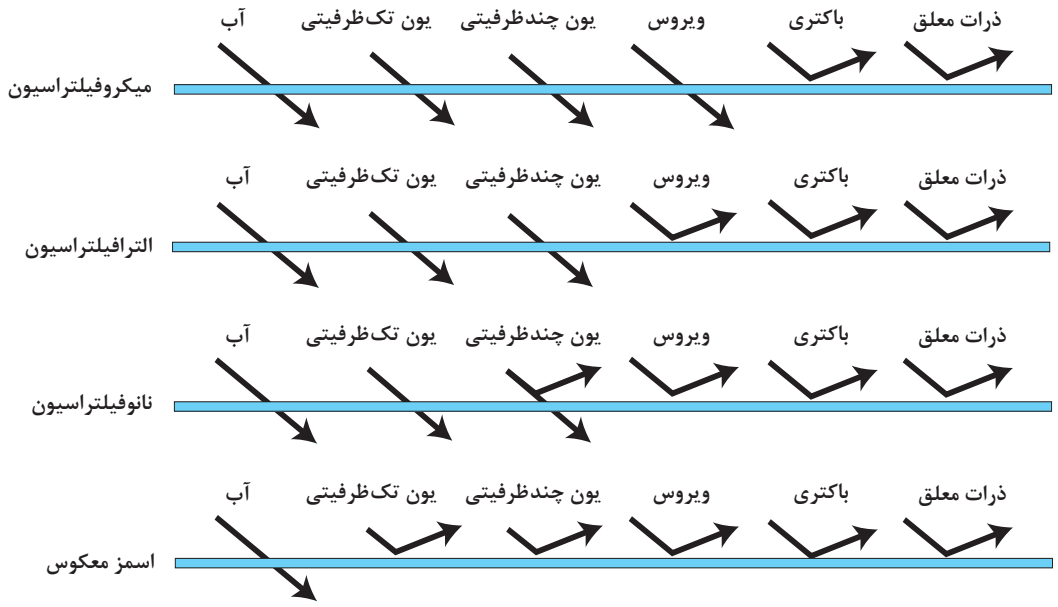
در فرایند فیلتراسیون با قراردادن صافی‌های نانو با انواع غشاهای پلیمری، لیفی یا سرامیکی بر سر راه جریان پساب، می‌توان آلاینده‌ها را بر اساس اندازه آنها جدا نمود. مصرف بالای انرژی، انسداد غشاها و پیچیدگی طراحی فرایند از مهم‌ترین معایب این روش به‌شمار می‌رود. استفاده از فرایند الکتروریسی برای تولید نانوالیاف، روشی ساده، ارزان و مؤثر برای تولید فیلتر یا صافی نانو هوا و آب می‌باشد. نانوالیاف تولیدشده در این فیلترها دارای سطح مخصوص و خلل و فرج بسیار بالایی می‌باشند. در مواقع لزوم با تنظیمات دستگاه الکتروریسی قطر، ساختار، ترکیب درصد و آرایش‌یافتگی نانوالیاف را تغییر می‌دهند. این غشاها اغلب به‌عنوان فیلتراسیون اولیه، قبل از اولترافیلتراسیون و یا اسمز معکوس استفاده می‌شود. غشاهای نانوفیلتراسیون (نانوصافش) دارای حفره‌هایی به ابعاد ۱ تا ۵نانومتر می‌باشند که تحت فشار ۲۰ تا ۴۰بار، امکان عبور نمک، آب و مولکول‌های آلی با وزن مولکولی کمتر از ۲۰۰ را فراهم می‌کند. غشاهای نانوالیاف بدون کاهش فشار آب خروجی، ذرات درشت و باکتری‌ها را از پساب جدا می‌کنند تا طول عمر غشاهایی مثل اسمز معکوس افزایش یابد.

امروزه تهیه غشاهای نانوکامپوزیتی و بیولوژیکی مورد توجه محققان قرار گرفته است، به این صورت که با استفاده از نانوذرات اکسید فلزی نظیر (Tio_2, Al_2o_3) آب‌دوستی غشاها را افزایش می‌دهند و بالطبع باعث انسداد کمتر غشاها می‌شود.

از نانوذرات نقره و نانو لوله‌های کربنی برای ایجاد خواص ضدمیکروبی در غشاها استفاده می‌شود.

آیا می‌دانید

اسمز معکوس (هایپر فیلتراسیون) به عبور آب از یک غشای نیمه‌تراوا با حفره‌هایی به ابعاد ۱آنگستروم تحت فشار ۳۰ تا ۶۰بار از طریق سازوکار انتشار محلول گفته می‌شود. غشاهای الترافیلتراسیون (فراصافش) دارای حفره‌هایی به ابعاد ۱ تا ۱۰۰نانومتر می‌باشند که تحت فشار ۱ تا ۱۰بار نمک‌ها و اجزایی با وزن مولکولی بسیار پایین از آن عبور می‌کند و جامدات معلق بزرگ‌تر، برخی مواد رنگی، ذرات کلوئیدی، برخی ویروس‌ها و باکتری‌ها را از آب یا پساب جدا می‌کنند. قبل از فرایند اسمز معکوس از اسمز مستقیم با فشار کمتر جهت مکش آب از یک فشار اسمزی کم به یک فشار اسمزی بیشتر استفاده می‌شود. جهت آگاهی بیشتر در شکل ۲۲ قابلیت انواع مختلف فیلتر غشایی در عبور ذرات مختلف با یکدیگر مقایسه شده‌اند.



شکل ۲۲ـ مقایسه قابلیت انواع مختلف فیلترغشایی در عبور ذرات مختلف

در سال‌های اخیر در کشور ما استفاده از غشاهای نانو فیلتراسیون برای تصفیه آب و پساب گسترش یافته است. طراحی تجهیزات مورد نیاز تولید نانو غشاء سرامیکی وهارمودینامیکی امروزه در ایران نیز انجام می‌شود. اخیراً مؤسسه تحقیقاتی Fraunhofer آلمان، غشاهای سرامیکی نانو فیلتراسیونی تولید کرده است که قادر به حذف انواع آلاینده‌های رنگی حاصل از پساب نساجی می‌باشد. در شکل ۲۳ فرایند حذف مواد رنگ‌زا با استفاده از غشاهای نانوفیلتراسیون به همراه نمونه پساب رنگی قبل و بعد از فیلتراسیون نشان داده شده است.

شکل ۲۳ـ غشای نانوفیلتراسیون به همراه نمونه پساب رنگی قبل و بعد از فیلتراسیون پساب رنگی

فرایند فتوکاتالیستی (نانوذرات فتو کاتالیستی)

به فرایندی که در آن از تأثیر نور فرابنفش بر عملکرد کاتالیست‌ها در شرایط واکنش استفاده می‌شود، فرایند فتوکاتالیست گفته می‌شود. در این روش تابش پرتوهای فرابنفش باعث تخریب ساختار آلاینده‌های میکروبی و بیماری‌زا می‌شود. این فرایند جزء روش‌های اکسیداسیون پیشرفته می‌باشد. در این فرایند، رادیکال‌های اکسیدکنندهٔ تولیدشده، به سرعت به مواد آلاینده آلی حمله کرده و آنها را به‌طور کامل تخریب می‌کند یا

به ترکیبات ساده‌تر تبدیل می‌کند. از مهم‌ترین کاتالیست‌های نیمه‌هادی می‌توان به نانوذرات Zno, Tio_2 و Fe_2o_3 و... اشاره کرد که نانوذرات دی اکسید تیتانیوم (Tio_2) شاخص‌ترین و پرکاربردترین آنها در تصفیه آلاینده‌ها و ضدعفونی کردن آب به‌شمار می‌رود.

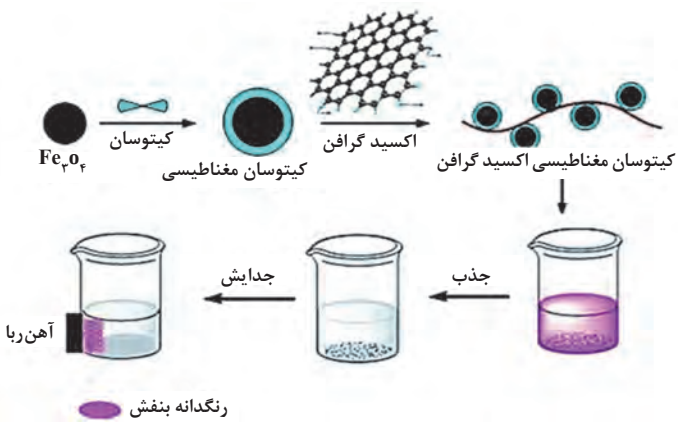
بهره‌گیری از کاتالیزورهای فعال‌شونده در نور (نانوذرات فتوکاتالیستی) به منظور بهره‌برداری همزمان از پرتوی رایگان فرابنفش خورشید و کوچک‌شدن ذرات در حد نانومتر به عنوان کاتالیزور در بسیاری از واکنش‌های شیمیایی همواره مورد توجه می‌باشد. شرکت Puroxi با استفاده از فناوری نورتابی توسط لامپ‌های LED و نانومواد فتوکاتالیست، سیستمی را طراحی کرده است که قادر به حذف پساب‌های رنگی در نساجی می‌باشد.

فرایند اکسیداسیون الکتروشیمیایی

فرایندهای اکسیداسیون الکتروشیمیایی پیشرفته که براساس واکنش فنتون عمل می‌کنند، یکی از مؤثرترین و بهترین روش‌های تصفیه پساب می‌باشد که به علت استفاده از منابع سالم انرژی الکتریسیته به عنوان دوستدار محیط‌زیست معرفی می‌شود و مورد توجه محققان قرارگرفته است. در این روش از ورقه‌های پلاتین، فولاد ضدزنگ، تیتانیوم و کاتدهایی از جنس مواد کربنی نظیر ورقه کربن، گرافیت، الیاف کربن فعال و... در تصفیه پساب استفاده می‌شود. اخیراً استفاده از الکترودهای نانوکامپوزیتی در روش فنتون نیز معمول شده است.

نانوذرات مغناطیس

اکسید آهن مغناطیسی به‌عنوان نانومواد با کاربردهای بسیار گسترده در زمینه‌های مختلف استفاده می‌شود، از این‌رو نانوذرات اکسیدآهن با خواص دلخواه و پتانسیل بالای کاربردی تولید می‌شود. اکسید آهن ماده‌ای است که به‌دلیل زیست‌سازگاری مناسب، مورد توجه محققان قرار گرفته است. از این نانوذرات در حذف آلاینده‌های سمّی و برخی از فلزات سنگین از پساب استفاده می‌شود. اکسید آهن به عنوان عامل احیاکننده و تخریب ترکیبات شیمیایی سمّی و متنوع در محیط‌های آبی عمل می‌کند. این نانوذرات می‌توانند به عنوان جاذب، یون‌های سرب و کروم را از محلول‌های آبی جدا کنند. سهولت کاربرد، زیست‌سازگاری، غیرسمّی بودن، امکان بازیابی آسان با میدان مغناطیسی و فعالیت کاتالیستی بالا در تخریب مواد آلی مختلف از مزایای قابل توجه کاربرد اکسید آهن در زمینه تصفیه پساب به شمار می‌رود. استفاده از نانوذرات مغناطیس به‌عنوان جاذب در آب منجر به جداسازی و حذف آلودگی‌ها و رنگ از پساب می‌گردد. شکل ۲۴ نمونه‌ای از عملکرد نانوذرات مغناطیس پوشش داده شده با کیتوسان و اکسید گرافن به‌منظور حذف رنگ‌زای بنفش باقی‌مانده در پساب، نشان داده شده است.



شکل ۲۴ــ عملکرد نانوذرات مغناطیس به منظور حذف رنگ‌زای بنفش باقی‌مانده در پساب

تصفیه آب و فاضلاب با فناوری پلاسما

تصفیه پساب صنعتی بر پایه پلاسما با تخلیه الکتریکی و ایجاد میکروجرقه‌ها در پساب، باعث ایجاد محیط پلاسمایی و تشکیل حباب‌های نانویی در پساب می‌شوند. واپاشی حباب‌ها، باعث ایجاد دمای بالای موضعی و حرکت سریع ذرات موجود در پساب می‌گردد. با واپاشی الکترون‌ها و یون‌های ایجاد شده در حباب، انواع رادیکال‌های اکسیدکنندهٔ قوی و گندزدا نیز تشکیل می‌شود که در نهایت با کمک تابش پرتوی فرابنفش عمل میکروب‌زدایی انجام شده و مواد محلول در آب به هم چسبیده و منجر به تشکیل لخته و رسوب، ته‌نشینی و جدا شدن آنها از پساب می‌گردد.

از مزایای تصفیه پساب با فناوری پلاسما، حذف حدود ۸۰ درصد فلزات سنگین و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و مواد رنگ‌زا و رنگدانه، کاهش ۸۰درصدی BOD و COD، PH خنثی، کاهش اتمام فرایند در کوتاه‌ترین زمان (۲دقیقه)، عدم مصرف مواد شیمیایی، کاهش ۷۰درصدی هزینهٔ تصفیه، شیرین‌سازی سالم آب دریا و گندزدایی آن تا مرحله آب آشامیدنی، کاهش کدورت، بو، رنگ و سختی آب، مصرف پایین انرژی (کمتر از ۲کیلووات به ازای هر مترمکعب) و... می‌باشد.

بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت نساجی

انرژی در دنیای امروز از اهمیت زیادی در رشد و توسعه اقتصادی و رفاه اجتماعی برخوردار است. در قرن بیست و یکم، بهینه‌سازی مصرف انرژی با توجه به پیامدهای مهم آن از قبیل کاهش هزینه‌ها، کاهش سرمایه‌گذاری‌ها، افزایش روزافزون تقاضا، سالم‌سازی محیط‌زیست و... در دستور کار اکثر کشورهای جهان قرار گرفته است. امروزه صنعت نساجی به عنوان یکی از صنایع مورد نظر در زمینه بهینه‌سازی انرژی، بیش از ۲۰درصد از کل انرژی مصرفی بخش صنعت را به خود اختصاص می‌دهد. در صنعت نساجی در تمامی مراحل تولید، انرژی به اشکال مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان متوسط مصرف انرژی الکتریکی و فسیلی در فرایندهای ریسندگی ۴۸درصد، بافندگی ۱۶درصد و رنگرزی، چاپ و تکمیل در حدود ۳۶درصد می‌باشد.

آیا می‌دانید

کشور ما حدود ۱درصد جمعیت جهان را دارد ولی حدود ۲درصد از انرژی جهان را مصرف می‌کند؟ مصرف انرژی در ایران ۳برابر متوسط جهان و ۱۰برابر متوسط کشورهای اروپایی می‌باشد.

راهکارهای مدیریت مصرف انرژی در بخش‌های مختلف نساجی

پتانسیل صرفه‌جویی در بخش صنعت براساس آمار مصرف انرژی در جهان و ایران به‌طور خوش‌بینانه ۳۸درصد و به‌طور محافظه‌کارانه ۲۴درصد می‌باشد. متوسط پتانسیل صرفه‌جویی در صنعت نساجی نسبت به مقادیر استاندارد داخل کشور ۱۰ تا ۱۵درصد و نسبت به مقادیر استاندارد جهانی ۱۵ تا ۲۵درصد برآورد شده است. شناخت منابع انرژی بر و افزایش کارایی تجهیزات مصرف‌کننده انرژی از نخستین اقدامات در جهت

بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش نساجی می‌باشد. کاهش میزان مصرف انرژی با استفاده از فناوری‌های با کارایی بالا پیشنهاد مؤثری برای فائق‌آمدن بر بحران‌های جهانی انرژی می‌باشد. در ادامه، برخی از راهکارهای عمومی و اختصاصی در مدیریت مصرف انرژی عبارت‌اند از:

- راهکارهای عمومی جهت کاهش مصرف انرژی در بخش‌های مختلف صنایع نساجی
- استفاده از موتورهای الکتریکی با راندمان بالا و متناسب با بار و کنترل دور موتورها
- استفاده از سیستم روشنایی منطقه‌ای و موضعی و استفاده حداکثر از نور طبیعی در روز
- استفاده از لامپ‌های کم مصرف فلورسنت و LED، تمیزکردن مرتب لامپ‌ها
- استفاده همزمان از لامپ‌های کم‌مصرف زرد و سفید جهت کاهش خستگی چشم
- استفاده از درب و شیشه‌های دوجداره و رنگ‌های روشن در دیوارها و سقف‌ها
- بهینه‌سازی ابعاد و ارتفاع سالن‌ها جهت صرفه‌جویی در روشنایی و انرژی
- کاهش ارتفاع چراغ‌های سقفی از کف سالن جهت افزایش بازدهی شدت روشنایی(حداکثر ارتفاع ۶متر)
- تنظیم شدت روشنایی سالن بر اساس جداول استاندارد ملی ایران بین ۱۰۰ تا ۵۰۰لوکس
- تنظیم مداوم شرایط محیطی دمایی و رطوبت سالن‌ها در فصول مختلف سال بر طبق استاندارد
- تنظیم نسبت سوخت و هوا در بویلرهای تولید بخار و نصب سیستم بازیافت حرارت از گازهای خروجی دیگ بخار
- کاهش دمای هوای ورودی به کمپرسورها و نصب کنترل‌کننده ON/OFF و استفاده از توربو کمپرسورها
- تعویض و تمیزکردن دائمی فیلترهای هوای کمپرسورها و سیستم‌های تهویهٔ سالن‌ها
- عایق‌کاری مناسب لوله‌های بخار و آب گرم و داغ و بازیافت حرارت از کندانس برگشتی
- نصب سیستم لوله‌کشی برگشت یا کندانس بخار و اطمینان از صحت کارکرد تراپ (تله بخار)
- جلوگیری از هدررفتن آب از طریق آموزش پرسنل و کارگران، قطع جریان آب پس از اتمام کار دستگاه
- تدوین برنامه منظم آموزشی، انگیزشی، سرویس، تعمیرات و نگهداری دستگاه‌ها
- استفاده از فناوری‌های جدید نانو و پلاسما جهت تبدیل، توزیع و انتقال انرژی
- تنظیم محدوده شرایط محیطی سالن‌های ریسندگی پنبه‌ای و پشمی در فصول سرد و گرم بر طبق جدول ۴

جدول ۴ـ محدوده شرایط محیطی سالن‌های ریسندگی پنبه‌ای و پشمی در فصول سرد و گرم

الیاف	پنبه‌ای				پشمی			
سالن	ریسندگی		بافندگی		ریسندگی		بافندگی	
فصل	سرد و معتدل	گرم و خشک	سرد و معتدل	گرم و خشک	سرد و معتدل	گرم و خشک	سرد و معتدل	گرم و خشک
دما C°	۲۰ـ۲۴	۲۴ـ۲۸	۲۰ـ۲۴	۲۴ـ۲۶	۲۰ـ۲۴	۲۴ـ۲۸	۲۰ـ۲۴	۲۳ـ۲۴
رطوبت نسبی٪	۵۰ـ۶۰		۶۰ـ۷۰		طبیعی تا ۶۵		۶۰ـ۷۰	

آیا می‌دانید

میزان شدت روشنایی نور خورشید در روز بیش از ۱۰۰۰۰۰ لوکس و در هوای ابری کمتر از ۱۰۰۰۰ لوکس می‌باشد. میزان روشنایی عمومی و محل کار در بخش‌های مختلف نساجی بر اساس استاندارد ملی ایران بر طبق جدول ۵ می‌باشد.

جدول ۵ـ میزان روشنایی عمومی و محل کار در بخش‌های مختلف نساجی

بخش‌های نساجی	شدت روشنایی (لوکس)
حلاجی و ریسندگی	۳۰۰ـ۱۰۰ لوکس
بافندگی	۵۰۰ـ۳۰۰ لوکس
رنگرزی	۳۰۰ـ۲۰۰ لوکس
آزمایشگاه رنگرزی	۵۰۰ـ۳۰۰ لوکس

عکس و فیلم

هنرآموز گرامی، با نمایش عکس، فیلم، اسلاید، نمودار و جداول، بازدید و... هنرجویان را با راهکارهای عمومی و تخصصی حوزه نساجی جهت صرفه‌جویی در منابع انرژی و آب آشنا کنید.

فعالیت ۲

راهکارهای عملی جهت کاهش مصرف انرژی در بخش‌های مختلف ریسندگی:

- جلوگیری از کارکرد بی بار دستگاه‌های خط ریسندگی و استفاده از ظرفیت کامل خط ریسندگی
- بررسی امکان نصب موتورهای الکتریکی دور متغیر VSD در دستگاه‌ها و سیستم تهویه
- استفاده از ماشین‌های کار با سرعت بالا و استفاده از تمامی ظرفیت
- استفاده از ماشین اپن اند (open - End) به‌جای مجموعه فلایر و رینگ برای نخ‌های ضخیم‌تر
- انتخاب مواد اولیه مرغوب برای کاهش ضایعات و بالا بردن کیفیت محصول
- کنترل فرایند به منظور کاهش مواد برگشتی و ضایعات و بازیافت و استفاده مجدد از ضایعات تولید
- استفاده از بطری‌های پلاستیکی و فرش‌های کهنه پلی‌استری در ذوب ریسی جهت بازیافت و تولید نخ
- استفاده از فناوری‌های نانو در بخش‌ها و قطعات مختلف بخش ریسندگی نظیر چرخانه و غلتک‌های کشش
- نصب تجهیزات اندازه‌گیری کنترل دما و رطوبت به‌همراه تنظیم اتوماتیک آنها
- سرویس کاری، روغن کاری، گریس کاری و تعمیر و نگهداری منظم و برنامه‌ریزی شدهٔ دستگاه‌ها و موتورها
- استفاده از تسمه‌های Cogged ـ Belt و Synchronus ـ Belt به جای Flat ـ Belt و V ـ Belt در الکتروموتورها

آیا می‌دانید

در واحدهای ریسندگی و تکمیل پارچه در ایران به‌طور متوسط به ازای تولید هر کیلوگرم نخ به ترتیب حدود ۶۰ مگاژول و ۳۰ مگاژول انرژی الکتریکی و فسیلی و ۱۰۰ تا ۲۰۰ لیتر آب تصفیه‌شده مصرف می‌شود.

فعالیت کلاسی ۳

راهکارهای عملی جهت کاهش مصرف انرژی در بخش‌های مختلف بافندگی:

- کاهش زمان توقف دستگاه‌ها و افزایش ظرفیت تولید
- سرویس‌کاری و روغن‌کاری، تعمیر و نگهداری منظم دستگاه‌ها و به‌کارگیری قطعات یدکی استاندارد
- بررسی امکان نصب موتورهای الکتریکی دور متغیر VSD در دستگاه‌ها و سیستم تهویه
- استفاده از دستگاه‌هایی با حجم کمتر و ظرفیت تولید بیشتر
- استفاده از دستگاه‌ها با تکنولوژی‌های جدید و راندمان بالاتر

فعالیت ۳

در مراجعه به کارخانجات نساجی چک‌لیستی از راه‌های هدر رفتن انواع انرژی در بخش‌های مختلف تهیه کنید و راهکارهایی جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی ارائه و گزارش دهید.

فعالیت کلاسی ۴

راهکارهای عملی جهت کاهش مصرف انرژی در بخش رنگرزی، چاپ و تکمیل:

- بررسی امکان استفاده از موتورهای الکتریکی دور متغیر VSD در دستگاه‌ها و سیستم تهویه
- استفاده از خشک‌کن‌های غیرحرارتی مکانیکی و سانتریفیوژی‌های دور متغیر ستاره ـ مثلث
- بهره‌گیری از تکنولوژی جدید چاپ دیجیتال در چاپ پارچه و پتو و فرش ماشینی و...
- تصفیه آب و فاضلاب با تکنولوژی‌های نانو و تخلیه الکتریکی و ایجاد پلاسما در آب
- تعویض یا تعمیر تله‌های بخار (تراپ) معیوب
- استفاده از کنترل‌کننده‌های دور متغیر فن تهویه هوا، فن هوای گردش استنتر و درجه حرارت در ترموزول و استنتر
- کاهش ضایعات در فرایندهای رنگرزی، چاپ و تکمیل
- نصب تجهیزات اندازه‌گیری دما و رطوبت بر روی دستگاه‌ها
- عایق‌کاری مناسب دستگاه‌ها و مخازن رنگرزی جهت کاهش تلفات حرارتی
- بازیافت حرارت از گازهای خروجی از دودکش استنتر
- تفکیک فاضلاب‌های رنگی از فاضلاب‌های غیر رنگی سایر بخش‌ها
- تهیه راهنمای عملکرد استاندارد دستگاه‌ها از قبیل دما بر حسب نوع محصول
- استفاده از ماشین‌های رنگرزی، چاپ و تکمیل با تکنولوژی بالا نظیر فولارد مجهز به فشار قابل تنظیم گیره‌ها
- استفاده از روش‌ها و ماشین‌های رنگرزی با L:R پایین نظیر ماشین ژیگر، جت و سیستم کف(فوم) و هوا
- استفاده از فناوری‌های جدید نظیر فوق بحرانی رنگرزی پلی‌استر با CO_2 و تکنولوژی Colorzen بر روی پنبه
- بهینه‌سازی رنگرزی با استفاده از تکنولوژی پمپ چرخشی و مدار هیدرولیک در ماشین‌های رنگرزی
- استفاده از نانو ساختارها و نانو پوشش‌ها جهت کاهش وزن، خوردگی و خستگی در ادوات و ماشین‌آلات

فعالیت ۴

ارائه راهکارهایی جهت صرفه جویی انرژی در ماشین‌آلات خشک کن و استنتر:
خشک‌کن و استنترها جزء یکی از پرکاربردترین و پرمصرف‌ترین میزان انرژی الکتریکی و گرمایی در صنایع نساجی می‌باشند. به کارگیری و مدیریت صحیح سیستم‌ها و کنترل و بهینه سازی دقیق فرایندها ضمن کنترل دقیق دما و رطوبت در سیستم باعث افزایش راندمان و بازده اقتصادی دستگاه‌ها می‌گردد. انجام اقدامات عملی نظیر ایزولاسیون و عایق‌کاری لوله‌ها و بدنه دستگاه‌ها، بهینه‌سازی دور فن‌ها در مناطق خشک‌کن و خنک‌کن، تنظیم دریچه‌های اگزوزها یا دمپرها، سرویس‌کاری، روغن‌کاری، گریس‌کاری و تعمیر و نگهداری منظم و با برنامه‌ریزی دستگاه‌ها، تنظیم بهینهٔ دما و رطوبت دستگاه، جلوگیری از خشک‌شدن بیش از حد پارچه، آبگیری یکنواخت پارچه‌ها در مراحل قبلی، استفاده از تکنولوژی‌های جدید در فشار یکنواخت بر سطح پارچه در غلتک‌های فولارد و منگل(آبگیر)، جایگزینی سیستم مشعل گاز شهری به جای بویلر روغن، تنظیم مشعل گاز، برطرف کردن نشتی‌های بخار، تعمیر منظم تله بخار و... از مهم‌ترین اقدامات عملی در جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی در این دستگاه‌ها می‌باشد.

بازیافت آب و مواد در صنعت نساجی

در کتاب دانش فنی پایه سال دهم با مباحث آب، منابع آب، مصارف آب، ناخالصی‌های آب، سختی آب، روش‌های تصفیه آب، اهمیت تصفیه آب و... آشنا شدید.
مهم‌ترین دلایل استفاده از بازیافت پساب نساجی استفاده از پساب تصفیه‌شده در صنعت و کشاورزی و اخذ تأییدیه محیط‌زیست در این خصوص می‌باشد. در برخی موارد آب تصفیه و ضدعفونی شده را می‌توان به آب‌های سطحی یا چاه‌های جذبی منتقل کرد. قبل از رهاسازی فاضلاب تصفیه شده در طبیعت لازم است در پساب تصفیه بیولوژیکی هوازی یا بی‌هوازی نیز انجام شود. در این مرحله با افزودن ازت، فسفات، متانول و مواد ضدعفونی به فاضلاب به منظور تأمین ترکیبات لازم برای زیست‌آنزیم‌ها و باکتری‌ها ضروری می‌باشد.
در برخی کارخانجات به‌دلیل کمبود آب با استفاده از یک تصفیه تکمیلی دیگر پساب از این پساب تصفیه‌شده در خط تولید استفاده می‌کنند. تصفیه تکمیلی فاضلاب با روش‌هایی نظیر اولترا فیلتراسیون (UF) یا روش اسمز معکوس (RO) انجام می‌شود. به این نکته باید توجه شود که آب ورودی به واحد رنگرزی باید فاقد هرگونه رنگ و شوری یا هدایت الکتریکی پایین باشد؛ زیرا عملیات رنگرزی در حضور یون‌های مزاحم امکان‌پذیر نمی‌باشد.
هزینه‌های مربوط به خدمات آب و فاضلاب هر کارخانه حدود ۵ تا ۱۰درصد ازکل هزینه خدمات را به خود اختصاص می‌دهد.
بخار به‌طور متمرکز مقدار قابل توجهی انرژی گرمایی در خود ذخیره دارد که در هنگام کندانس شدن این انرژی مصرف می‌شود. بخار در نساجی جهت تنظیم دما و رطوبت سالن، آب گرم مصرفی، عملیات مقدمات بافندگی، رنگرزی، چاپ و تکمیل استفاده می‌شود.
یک سیستم بخار ایده‌آل بخار و کندانس تولیدشده، جدای از یکدیگر وجود دارند و جمع‌آوری می‌شوند؛ بنابراین اگر در مخزن جمع آوری کندانس برگشتی، بخار زنده وارد شود، دلیل بر وجود نقص در بخشی از سیستم توزیع بخار می‌باشد. خرابی تله بخار نصب شده روی خطوط آب کندانس شده (بازماندن دائمی دریچه تله بخار) باعث عبور دایم بخار و اتلاف انرژی موجود در بخار می‌گردد.

فعالیت ۵

کنترل صحت کار تله بخار (تراپ) در زمان مراجعه به کارخانجات نساجی:
با بازرسی و کنترل از طریق دیدن، شنیدن صدای عبور بخار و اندازه‌گیری دما می‌توان از اتلاف بخار جلوگیری کرد. در جدول اختلاف دمای سطح لوله در حدود ۳۰سانتی‌متری طرفین یک تله بخار سالم نشان داده شده است. (جهت تبدیل دما به سانتی‌گراد، ۳۲واحد از فارنهایت کم کنید و عدد حاصل را بر ۱/۸ تقسیم کنید.)

جدول اختلاف دمای سطح لوله در حدود ۳۰ سانتی‌متری طرفین یک تله بخار سالم

اختلاف دما در دو طرف سطح لوله (°F)	دمای سطح لوله بعد تله بخار (°F)	دمای سطح لوله قبل تله بخار (°F)	دمای بخار (°F)	فشار بخار (Psgi)
۲۵	۱۸۰	۲۰۵	۲۲۷	۵
۳۶	۱۸۰	۲۱۶	۲۴۰	۱۰
۳۵	۱۹۰	۲۲۵	۲۵۰	۱۵
۳۳	۲۰۰	۲۳۳	۲۵۹	۲۰
۳۵	۲۰۵	۲۴۰	۲۶۷	۲۵
۳۶	۲۱۰	۲۴۶	۲۷۴	۳۰
۴۳	۲۱۵	۲۵۸	۲۸۷	۴۰

آیا می‌دانید

بر اساس مطالعات انجام‌شده، رفع نشتی شیرآلات و تعویض آنها، بازبینی و بهبود عایق لوله‌های محتوی بخار، آب و روغن داغ، مخازن، شیرها، کانال‌ها، فلنج‌ها و... حدود ۲۰درصد در انرژی گرمایی صرفه‌جویی می‌شود.

بازیافت مواد در نساجی

فرایند بازیافت مواد به فرایندی اطلاق می‌شود که طی آن مواد زائد جدا شده و ضایعات قابل استفاده در خط تولید، جهت تولید محصولات جدید به‌کار گرفته می‌شود. استفاده مجدد از مواد بازیافت صنایع، باعث کاهش آلودگی محیط‌زیست، افزایش تولید ملی، کاهش مصرف مواد اولیه، صرفه‌جویی در آب، رنگ‌زا و سایر مواد کمکی، اشتغال و افزایش سطح بهداشت و بهره‌وری در تولید می‌گردد. صنایع نساجی نیز همانند صنایع دیگر دارای مواد قابل بازیافت می‌باشد. با توجه به بررسی‌های انجام شده بیش از ۱۰میلیون تن منسوج در کارخانجات و منزل دور ریخته می‌شود که ۵۰درصد آنها قابل بازیافت می‌باشند. برخی از این ضایعات شامل ضایعات بخش‌های ریسندگی، سرنخ‌های الیاف، انواع پلیمر و ضایعات انواع پارچه و... می‌باشد که این مواد پس از بازیافت در بخش‌های کالای خواب، خودروسازی، پارچه تنظیف، ایزوگام، مبل‌سازی، تولید نخ، موکت و پتو، تولید انواع لایی و نمد و... استفاده می‌گردند. منسوجات نایلونی و پلی‌استری تحت فرایند ذوب ریسی قابلیت بازیافت مجدد به نخ‌های قابل مصرف در نساجی را دارا می‌باشند.

نکات زیست‌محیطی

اخیراً محققان آنزیم باکتریایی را اصلاح کرده‌اند که قادر می‌باشد، فرش‌ها و پارچه‌های پلی‌استری مستعمل، بطری و پلاستیک‌های دورریز PET را بشکند و به اتیلن گلیکول و اسید ترفتالیک مورد نیاز الیاف پلی‌استر تبدیل کند. در این صورت می‌توان از این مواد ضایعاتی به‌طور مکرر و مؤثر جهت تولید پلی‌استر بازیافتی استفاده کرد.

تحقیق کنید ۴

در مورد ماشین‌آلات بازیافت پارچه‌های ضایعاتی و پوشاک مستعمل تحقیق و گزارش کنید.

صرفه‌جویی در مصرف آب، رنگ‌زا و مواد شیمیایی

کشور ایران به علت عدم مدیریت صحیح آب و فاضلاب در آستانه تخلیهٔ آب‌های زیرزمینی و بحران بزرگ آب قرار دارد. صنایع یکی از بالاترین مصرف‌کننده‌ها و آلوده‌کننده‌های آب و محیط‌زیست در ایران می‌باشند. صنعت نساجی به ویژه بخش رنگرزی و تکمیل یکی از بزرگترین مصرف‌کنندگان آب و تولیدکنندگان پساب صنعتی در بین سایر صنایع می‌باشند. در حال حاضر بخش رنگرزی و تکمیل در صنایع نساجی حدود ۲۰درصد پساب‌های صنعتی عمل‌نشده در جهان را به خود اختصاص می‌دهند. کمبود جدی آب شیرین و آگاهی‌های زیست‌محیطی در سراسر جهان به‌صورت جدی مورد توجه قرار گرفته است. در فرایند رنگرزی بدون آب، سالیانه در مصرف میلیون‌ها لیتر آب شیرین صرفه‌جویی می‌کند و آب‌های زیرزمینی و محیط‌زیست دستخوش آلودگی نمی‌گردد. بر طبق تحقیقات انجام شده، بیش از ۱۰۰لیتر آب در فرایندهای تولید ۱کیلوگرم منسوج و بیش از ۶تریلیون لیتر آب جهت تولید ۶۰میلیون تن منسوج مصرفی کل دنیا؛ معادل مصرف ۲۱۹روز آب آشامیدنی مردم سراسر جهان مصرف می‌شود.

تولیدکنندگان ماشین‌آلات رنگرزی و تکمیل با خلق تکنولوژی‌های جدید سعی در کاهش مصرف آب و انرژی جهت انجام فرایندهای تولید می‌باشند. استفاده از تکنولوژی رنگرزی کف یا فوم ضمن کاهش مصرف آب، رنگ‌زا، مواد کمکی و انرژی در کاهش تولید پساب و مشکلات زیست‌محیطی بسیار مؤثر می‌باشد. تولیدکنندگان رنگ‌زاها و مواد شیمیایی نیز تلاش می‌کنند تا با ارائه تکنولوژی‌های جدید به‌طور قابل توجهی مصرف مواد شیمیایی مورد نیاز را کاهش دهند و بهترین نرخ برداشت رنگ‌زا را در الیاف حاصل کنند. در نتیجه میزان مواد شیمیایی تخلیه شده در پساب‌ها و آب مورد نیاز کاهش می‌یابد.

تکنولوژی‌های Dye coo و Colorzen با کاهش چشمگیر مصرف آب و مواد شیمیایی در فرایندهای رنگرزی گامی بلند در جهت صرفه جویی در مصرف آب و انرژی و کاهش پساب‌های نساجی برداشته اند. در ادامه به معرفی این دو تکنولوژی جدید جهت رنگرزی پلی‌استر و پنبه پرداخته می‌شود.

در روش‌های متداول رنگرزی با آب، منسوجات لازم است به همراه مواد کمکی، سطح فعال‌ها، عوامل شست‌وشوی احیایی و... از مراحل و فرایندهای مختلفی عبور کنند. برعکس در تکنولوژی رنگرزی بدون آب رنگ‌زا در سیال فوق بحرانی حل می‌شود و به مخزن حاوی پارچه تزریق می‌شود. در این شرایط رنگ‌زا به خوبی از سطح پارچه به داخل آن نفوذ می‌کند.

تکنولوژی فوق بحرانی CO_2 برای رنگرزی پلی‌استر

شرکت Dye Coo Textile Systems یک ماشین رنگرزی تولید کرده است که رنگرزی پلی‌استر با رنگ‌زای دیسپرس را با دی‌اکسیدکربن فوق بحرانی بازیافتی انجام می‌دهد. در این تکنولوژی نیازی به آب و مواد کمکی نمی‌باشد؛ به‌علاوه اینکه نسبت به روش‌های متداول رنگرزی مصرف انرژی به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد.

فعالیت کلاسی ۵

صرفه‌جویی در مصرف آب، رنگ‌زا و مواد شیمیایی با تکنولوژی فوق بحرانی CO_2 برای رنگرزی پلی‌استر:
اولین نسل از ماشین رنگرزی با دی‌اکسیدکربن دارای یک محفظه رنگرزی استیل متصل به واحد بازیابی و تأمین دی‌اکسیدکربن متصل می‌باشد. این واحد به پمپ و مبدل حرارتی نیز مجهز است. بیم پارچه در داخل محفظه و در کنار رنگ‌زای دیسپرس قرار می‌گیرد. سپس محفظه تحت فشار قرار گرفته و با گاز دی‌اکسیدکربن پر می‌شود. حرارت دادن دی‌اکسیدکربن و گرم کردن آن تا دمای بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و فشار بیشتر از ۷۴بار باعث فوق بحرانی شدن آن می‌شود. در این حالت دی‌اکسیدکربن به صورت سیال در می‌آید.. در این تکنولوژی جدید دی‌اکسیدکربن به عنوان یک مادهٔ واسط رنگرزی زمانی که تحت فشار قرار می‌گیرد به فازی بین مایع و گاز تبدیل می‌شود که در این حالت قدرت حلالیت خیلی بالایی پیدا می‌کند. در این شرایط رنگ‌زا به آسانی حل می‌شود و با توجه به قابلیت نفوذ بسیار بالای دی‌اکسیدکربن، رنگ‌زا به سادگی و با عمق زیادی در الیاف جابجا می‌شود و رنگ‌های با وضوح بالا ایجاد می‌کند. پس از رنگرزی پارچه بدون هیچ چین و چروک و تغییر ابعادی از دستگاه خارج می‌شود و نیاز به آبگیری و خشک کردن ندارد. در رنگرزی به روش استفاده از سیالات فوق بحرانی فقط مرحلهٔ چرخش کالا نیاز می‌باشد و هیچ فاضلابی تولید نمی‌شود. به‌علاوه اینکه دی‌اکسیدکربن پس از رنگرزی قابل جدا شدن از منسوج و رنگ‌زا و قابلیت استفادهٔ مجدد و بازیافت را دارد.
سیالات فوق بحرانی فازی از مواد می‌باشند که دما و فشار آنها از دما و فشار در نقطهٔ بحرانی بالاتر می‌باشد. نقطهٔ بحرانی، نقطه‌ای می‌باشد که در آن فاز مایع و گاز یک ماده قابل تشخیص می‌باشد. این فاز از ماده (بین حالت گاز و مایع) دارای مزایای زیادی می‌باشد و در فرایندهای رنگرزی می‌تواند جایگزین آب شود. مهم‌ترین سیال فوق بحرانی که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، دی‌اکسیدکربن می‌باشد، زیرا نسبت به سایر مواد دارای دما و فشار بحرانی قابل دسترس و کنترل (۳۱درجه سانتی‌گراد و ۷۳بار فشار) می‌باشد. به‌علاوه اینکه دی‌اکسیدکربن، قابل بازیافت تا ۹۵درصد، غیر قابل اشتعال، ارزان، غیر سمّی می‌باشد و هیچ‌گونه پسماندی ندارد و جهت مصارف صنعتی مفید می‌باشد. همچنین دی‌اکسیدکربن از نظر شیمیایی و فیزیولوژی غیر فعال می‌باشد.
در فرایند رنگرزی Dye coo دی‌اکسیدکربن را تا دمای ۱۰۲ درجه سانتی‌گراد در فشار ۲۵۰بار حرارت می‌دهند. با نفوذ دی‌اکسیدکربن فوق بحرانی به درون الیاف پلی‌استر، الیاف متورم شده و انتشار رنگ‌زا در آنها راحت‌تر صورت می‌گیرد؛ بنابراین رنگ‌زاها در عمق الیاف آبگریز پلی‌استر نفوذ می‌کنند و زمان رنگرزی در مقایسه با روش‌های متداول رنگرزی به نصف کاهش پیدا می‌کند. در ضمن تمام مراحل رنگرزی در یک حمام انجام می‌شود.
نسل جدیدتر این ماشین‌ها از سه‌محفظه تشکیل شده است؛ زمانی که رنگرزی در محفظه اول انجام می‌شود، اپراتور به‌ترتیب محفظه دوم و سوم را پر می‌کند. زمانی که عملیات در محفظه اول به پایان می‌رسد، دی‌اکسیدکربن را به واحد تأمین باز می‌گردانند و دو مرتبه در فرایند رنگرزی استفاده می‌شود. کمپانی مذکور با شراکت با کمپانی‌های دیگر قصد دارد تا طیف کاملی از رنگ‌زاهای مورد استفاده با این روش، تولید روشن‌کننده‌های فلورسنت، شست‌وشوی پارچه و رنگرزی سایر الیاف با این روش ارائه دهد.

در شکل ۲۵ یک نمونه ماشین رنگرزی فوق بحرانی CO_2 نشان داده شده است.

شکل ۲۵ـ یک نمونه ماشین رنگرزی فوق بحرانی CO_2

از مزایای دیگر این روش رنگرزی می‌توان به کاهش دمای رنگرزی، کاهش تعداد و زمان چرخهٔ عملیات رنگرزی و حذف مرحلهٔ خشک‌کن اشاره کرد به‌طوری که زمان رنگرزی به ۱۵ تا ۶۰دقیقه کاهش می‌یابد و در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌شود. از نظر هزینهٔ رنگرزی با این روش، می‌توان گفت که تجهیزات مورد استفاده در این روش گران می‌باشد ولی مادهٔ فوق بحرانی دی‌اکسیدکربن ارزان می‌باشد. سیال فوق بحرانی همچنین سبب متورم شدن پلیمرها در الیاف مصنوعی و بازیافته می‌گردد و به رنگ‌زایی مثل دیسپرس اجازه می‌دهد تا به آسانی جذب الیاف گردند و سبب انتشار بهتر مواد رنگ‌زا در ساختار منافذ و موییهٔ الیاف گردد. این نفوذ عمیق برای پلیمرهایی که به‌صورت ذاتی غیر آب‌دوست می‌باشند، بسیار مثمرثمر و در حدود ۹۸درصد جذب مواد رنگ‌زا می‌باشد و پسماند رنگ‌زا در کمترین مقدار در حدود ۲درصد می‌باشد که قابل بازیافت می‌باشد. به‌علت کم بودن ویسکوزیتهٔ محلول رنگرزی، گردش محلول راحت‌تر انجام می‌شود و در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌گردد. از آنجایی که رنگ‌زا به‌صورت یکنواخت بر روی پارچه پخش می‌شود و رنگ‌زا به‌طور عمیق جذب الیاف می‌شود، بنابراین رنگ‌های خالص، شاد، واضح و پررنگ بر سطح کالا ایجاد می‌شود.

شایستگی غیر فنی

همواره در حین کار به اخلاق حرفه ای، نظم و انضباط، همکاری با دیگران، نکات ایمنی و زیست‌محیطی، دقت و سرعت در کار، علائم و هشدارها، خطرات احتمالی و دستورالعمل‌ها پایبند باشید.

اخلاق حرفه‌ای

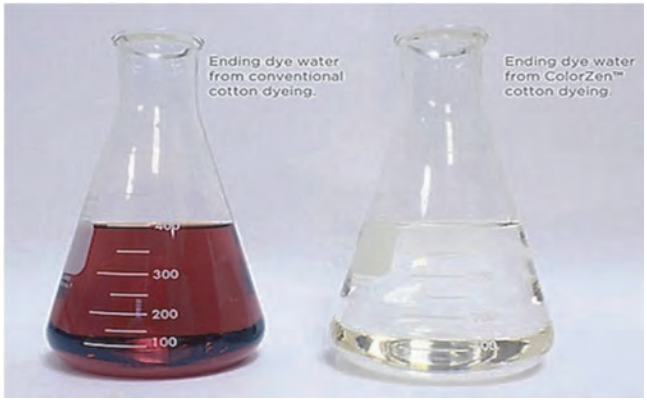
در زمان کار و بازدید از کارخانجات، با همگان با ادب و احترام برخورد کنید و تابع نظم و مقررات باشید. از هرگونه شوخی، بی‌دقتی، عجله، هل دادن افراد، دویدن و دستکاری ماشین‌آلات و تابلوهای برق اجتناب کنید.

تکنولوژی Colorzen جهت آماده‌سازی اولیه پنبه برای رنگرزی

تکنولوژی Colorzen یک تکنولوژی پیشگام در جهت کاهش آلودگی‌های آب و مصرف آب و انرژی در رنگرزی می‌باشد. در این تکنولوژی با تغییراتی که در ساختار مولکولی الیاف پنبه انجام می‌شود (Pre_Treatment) (پیش‌عمل‌شده)، رنگرزی پنبه بسیار کارآمدتر و طبیعی‌تر از حالت معمول می‌گردد. در این الیاف نیازی به‌مصرف نمک و سایر مواد شیمیایی جهت تثبیت رنگ‌زا نمی‌باشد و ضمن کاهش زمان رنگرزی در انرژی مصرفی نیز صرفه‌جویی می‌شود. استفاده از این تکنولوژی باعث می‌شود که با مصرف نیمی از رنگ‌زای مصرفی در حالت معمول، رنگ مورد نظر با یکنواختی مطلوب و رمق‌کشی ۹۸درصد حاصل شود.

الیاف پنبه‌ای از پیش‌عمل‌شده را می‌توان به‌صورت نخ، پارچه یا پوشاک با روش‌های متداول رنگرزی کرد اما مراحل شست‌وشو و سفیدگری اولیه برای آنها حذف می‌شود، چون در حین فرایند Colorzen بسیاری از ناخالصی‌های موجود در پنبه خام از بین می‌رود و میزان آبکشی نیز به مراتب کمتر می‌شود؛ بنابراین در تمامی ماشین‌ها مصرف آب و انرژی به ترتیب ۹۰ و ۷۵درصد صرفه‌جویی می‌شود و زمان انجام فرایند نیز ۷۵درصد کاهش می‌یابد. تنها مادهٔ شیمیایی مصرفی در این فرایند مادهٔ ترکننده می‌باشد؛ بنابراین میزان مصرف مواد شیمیایی ۹۵درصد کاهش می‌یابد. این پروسه دوستدار محیط‌زیست می‌باشد و میزان تخلیه مواد شیمیایی سمّی در پساب را به صفر نزدیک می‌کند.

از ویژگی‌های بسیار خوب این تکنولوژی ایجاد یک افینیتی (تمایل به جذب) قوی بین لیف و رنگ‌زا و حذف مواد شیمیایی در پروسه رنگرزی می‌باشد؛ به‌طوری که از هرگونه مواد مضر عاری می‌باشد. علاوه بر ویژگی‌های گفته‌شده، ثبات رنگ به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد و بر شفافیت و وضوح رنگ‌زاها افزوده می‌شود. در شکل ۲۶ تفاوت پساب حاصل از رنگرزی پنبه در حالت معمولی و در حالت استفاده از تکنولوژی Colorzen در یک رنگ تیره را نشان داده شده است.



شکل ۲۶ـ تفاوت پساب حاصل از رنگرزی پنبه در حالت معمولی و در حالت استفاده از تکنولوژی Colorzen

نخ پنبه‌ای عمل‌شده با این تکنولوژی را می‌توان با رنگ‌زاهای راکتیو، مستقیم و... رنگرزی کرد. این فناوری ابتدا جهت رنگرزی پارچه‌های کشباف پنبه‌ای به‌کار گرفته شد، ولی امروزه از این تکنولوژی در رنگرزی پارچه‌های تاری‌ـپودی ۱۰۰درصد پنبه‌ای نیز استفاده می‌شود.

استفاده از فناوری نانو جهت صرفه‌جویی در انرژی

در سال‌های اخیر فناوری نانو به‌عنوان یک ابزار کاربردی و پربازده در تولید منسوجات نانوساختار مورد استفاده در تبدیل، ذخیره و توزیع انرژی، توجه محققان و صنعتگران را به خود جلب کرده است، به عنوان مثال ساختارهای نانولیفی در مقایسه با ساختارهایی با ابعاد بزرگ‌تر از توان تبدیل انرژی بالاتر و بازدهی بیشتر در ذخیره انرژی برخوردار می‌باشند.

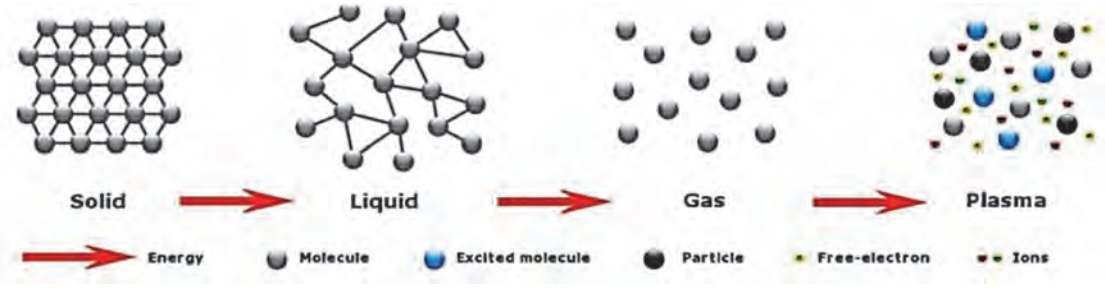
برخی از کاربردهای فناوری نانو در زمینه منسوجات مورد استفاده در بخش انرژی شامل تولید فیلترهای آب و پساب با نانوساختارهای لیفی، تولید نانوالیاف رسانا (الیاف نانولوله کربن و اکسید گرافن)، الکترودهای لیفی، سلول‌های خورشیدی، پیل‌های سوختی حاوی نانوساختار، سلول‌های سوختی، باتری‌های لیفی، ابرخازن‌های لیفی، انباره‌های هیدروژن، نانوژنراتورهای لیفی پیزو الکتریک، تجهیزات الکترونیکی مینیاتوری، پارچه‌های هوشمند نورانی، منسوجات ذخیره‌کننده انرژی، منسوجات گرم و خنک‌کننده نظامی، پارچه‌های هوشمند الکترونیکی تلفیق شده با حسگرها و پایشگرها با استفاده از فناوری بلوتوث با مصرف اندک انرژی و... می‌باشد که به علت انعطاف‌پذیری، پایداری، ایمنی، کوچک‌سازی، قابلیت بافت و پوشش، سبکی، هوشمندبودن، قابلیت تلفیق و... به سرعت در حال گسترش می‌باشد. استفاده از این فناوری در آینده نقش چشمگیری در تأمین انرژی پایدار و حفاظت از محیط‌زیست ایفا خواهد نمود.

تحقیق کنید۵

در رابطه با برخی از کاربردهای فناوری نانو در زمینه منسوجات مورد استفاده در بخش انرژی و منسوجات هوشمند، تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

کاربرد فناوری پلاسما در صنعت نساجی

پلاسما شبه‌گاز مرکب از ذرات بدون بار مثل اتم برانگیخته و باردار متحرک مثل الکترون‌ها می‌باشد که از تخلیه بار الکتریکی بین دو الکترود در محیطی انباشته از گاز در شرایط خلأ یا فشار محیط اتمسفری به‌دست می‌آید و از آن به عنوان حالت چهارم مواد نام برده می‌شود و شامل دو دستهٔ سرد (پلاسمای اتمسفری بدون حرارت) و گرم (حرارت بالا) می‌باشد. در شکل ۲۷ انواع تغییرات حالات ماده از حالت جامد تا پلاسما نشان داده شده است. پلاسما تلفیقی از مولکول‌ها، ذرات، یون‌ها و الکترون‌های آزاد می‌باشند.



شکل ۲۷ــ انواع تغییرات حالات ماده از حالت جامد تا پلاسما

فرایند پلاسما جزو فرایندهای خشک در نساجی می‌باشد. این فرایند باعث کاهش مصرف آب و انرژی، تصفیه بهینه آب و پساب‌ها، کاهش استفاده از مواد مضر شیمیایی، افزایش خواص و قابلیت‌هایی از قبیل اصلاح سطح منسوجات، تسهیل فرایند آهارگیری، استریل‌کردن منسوجات، بهبود چسبندگی پوشش‌ها و نفوذ بهتر مواد پوشش دهنده پشت فرش، افزایش قابلیت چسبندگی به سطح، آب و روغن‌گریزی، افزایش آبدوستی منسوجات به منظور افزایش رطوبت‌پذیری و رنگ‌پذیری، اصلاح زبری سطح پارچه، ضدجمع‌شدگی، ضدالکتریسیته ساکن، کندسوزکنندگی آتش، فلس‌زدایی پشم، کندسوزی آتش، بهبود فرایند رنگرزی، تکمیل و چاپ، فعال‌سازی شیمیایی سطح منسوج، حذف پرزهای سطحی و... می‌شود؛ به همین علت امروزه فناوری پلاسمای سرد در صنعت نساجی به سرعت در حال گسترش می‌باشد و از این فناوری به فناوری سبز و خشک نام برده می‌شود.

تحقیق کنید۶

پلاسمای گرم چیست؟ چرا در نساجی از این فناوری کمتر استفاده می‌شود؟ همچنین در مورد روش‌های اصلی پلاسما جهت عملیات تکمیلی (کرونا، DBD، تخلیه تابشی و جت پلاسما) تحقیق و گزارش کنید.

از جمله کاربردهای پلاسما در تکمیل نساجی، پوشش‌دهی پلاسما می‌باشد. در این فرایند شامل اشکالی از قبیل کرونا، پلاسما جت و DBD (تخلیه مانع دی‌الکتریک هوا)، تخلیه دورانی و تابشی، پلاسمای فشار اتمسفری، پلاسمای دمای محیط و... می‌باشد. در این فناوری در شرایط خشک و بدون استفاده از حلال، لایهٔ نازک چندنانومتری از مواد افزودنی ضدآتش، ضدمیکروب، ضدآب، ضدروغن و... در ترکیب با بخار حاصل از محلول مواد اولیه بر روی کالا با چسبندگی بالا تثبیت می‌شود.

از مزایای این روش تکمیل مصرف بسیار کم مواد افزودنی می‌باشد؛ به عنوان مثال در تکمیل ضدمیکروبی میزان مواد افزودنی بر منسوج حدود ۰٫۲ گرم بر مترمربع منسوج می‌باشد. در این عملیات خواص عمومی منسوج از قبیل زیردست، نرمی و انعطاف‌پذیری کالا، بدون تغییر در خواص عمقی، باقی می‌ماند، به همین علت به این روش، تکمیل نامرئی گفته می‌شود.

از قابلیت‌های دیگر عملیات پلاسما، برهم‌کنش ذرات پلاسما با سطح منسوج و توانایی حذف و جداکردن لایه‌های سطحی، آلودگی‌های سطحی، تسهیل‌کنندهٔ آهارگیری، حذف پرزهای سطحی نخ، افزایش قابلیت چاپ و رنگرزی و افزایش عمق رنگ، ضدنمدی و ضدجمع‌شدگی منسوجات پشمی، تمیزکاری، ایجاد خاصیت آنتی‌استاتیک و آنتی‌باکتریال، استریلزه‌کردن منسوجات پزشکی در دمای محیط و... می‌باشد.

نکات زیست‌محیطی

استفاده از مواد نانو ساختار همراه با فرایند پلاسما، امکان تولید منسوجات چندمنظورهٔ ایمن و مطمئن، افزایش بهره‌وری، کاهش مصرف آب و تولید پساب و پسماند، کاهش مراحل فرایندها، سرعت عمل بالا، حل مشکلات تورم حاصل از استفاده ازمواد کمکی، انرژی و مواد شیمیایی و... را فراهم می‌کند؛ به همین علت پلاسما به‌عنوان فناوری زیست‌سازگار، دوستدار محیط‌زیست یا فناوری سبز معروف شده است.

ارزشیابی

ارزشیابی در این درس براساس شایستگی است. برای هر پودمان ۱نمره مستمر (از ۵ نمره) و ۱نمره شایستگی پودمان (نمرات ۱، ۲ یا ۳) با توجه به استانداردهای عملکرد جداول ذیل برای هر هنرجو ثبت می‌گردد

جدول ارزشیابی پودمان ۴ـ تحلیل نانومواد در نساجی

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
تحلیل نانو مواد در نساجی	تحلیل نانو مواد در تکمیل نساجی	عملیات تکمیل نساجی و موادی که از نانو برای تولید آن استفاده شده و عملیات نساجی مرتبط با محیط‌زیست	بالاتر از حد انتظار	تحلیل از بین بردن آلودگی‌ها و تغییر مواد جهت کاهش آلایندگی و کاربرد نانو مواد	۳
			در حد انتظار	تعیین چگونگی آلودگی محیط‌زیست وروش‌های رفع آن و عملکرد نانو مواد	۲
	کاهش تأثیر عملیات نساجی بر محیط‌زیست		پایین‌تر از انتظار	دانستن نام و عملیات تکمیل و رنگرزی و کاربرد مواد	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره شایستگی پودمان از ۳					
نمره پودمان از ۲۰					