نانو تکنولوژی

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

کاربرد فناوری نانو در رنگرزی منسوجات

نانو فناوری چیست؟

نانو فناوری مفهوم جدیدی نیست. نانو فناوری یعنی استفاده از اجزایی که حداقل یک بعد آن‌ها، در ابعاد نانو باشد. نانو فناوری دانشی است که به مطالعه و دست‌کاری مواد در سطح اتم‌ها یا مولکول‌ها می‌پردازد. این فناوری به‌عنوان یک فناوری بین رشته‌ای موجب رشد روزافزون بازار محصولات نانویی شده است.

۱- تعریف رنگرزی و سازوکار آن

رنگرزی یک فرآیند شیمیایی است که در آن رنگینه به دلیل تمایل ذاتی در سطح الیاف جذب و سپس به درون الیاف نفوذ می‌کنند. بنابراین سازوکارهای نگه‌داری رنگینه توسط لیف بسیار حائز اهمیت است. سازوکارهای متعددی برای نگه‌داری رنگینه توسط لیف وجود دارد که در جدول ۱، سازوکار رنگرزی هر لیف با رنگینه ویژه مشخص‌شده است [۱].

۲- آمار جهانی مصرف رنگ

انتظار می‌رود حجم بازار جهانی رنگینه و رنگدانه از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸ رشد ۳/۶ ٪ داشته باشد و به ۱۱ میلیون تن در سال ۲۰۱۸ برسد. آسیا- اقیانوسیه با اقتصادهای پررونق و تولیدهای گسترده یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان در پنج سال آینده خواهند بود. کشور چین به‌تنهایی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده در جهان و سریع‌ترین رشد بازار جهانی را داشته است. پس‌ازآن کشور هند، رشد سریع داشته است، اما مقدار تقاضا هنوز از چین کمتر است. چین به‌تنهایی دو پنجم از کل بازار را در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۳ به خود اختصاص داده است. پیش‌بینی می‌شود تقاضای جهانی برای رنگینه‌ها و رنگدانه‌های آلی در سال ۲۰۱۹ بیش از ۳۰ بیلیون دلار باشد. بازار نساجی بیش از نیمی از تقاضای جهانی رنگ و رنگدانه‌های آلی را در سال ۲۰۱۴ به خود اختصاص داده است. منطقه آسیا به دلیل کثرت کارخانه‌ها تولید منسوج و محصولات پلاستیکی، بیش‌ترین مصرف‌کننده رنگینه و رنگدانه می‌باشد [۲].

جدول ۱: رنگرزی الیاف با رنگینه‌هاو سازوکار مربوطه [۱]

الیاف	رنگینه	سازوکار	الیاف	رنگینه	سازوکار
الیاف سلولزی (پنبه، کتان، ویسکوز)	مستقیم	پیوند هیدروژنی	الیاف پروتئینی (پشم و ابریشم)	اسیدی	پیوند نمکی
	راکتیو	پیوند کووالانسی		دندانه‌ای، راکتیو	پیوند کووالانسی
	خمی، گوگردی، آزوئیکی	غیرمحلول کردن	نایلون	اسیدی	پیوند نمکی
پلی‌استر و استات سلولز	دیسپرس	تشکیل محلول جامد		راکتیو	پیوند کووالانسی
آکریلیک	بازیک	پیوند نمکی			

۳- اهمیت به‌کارگیری فناوری نانو در رنگرزی منسوجات

یکنواختی رنگرزی، میزان جذب رنگ بالا، ثبات رنگی مناسب، عدم اثرگذاری سوء روی خواص لیف و پساب رنگی غیرسمی ازجمله پارامترهای مهم در انتخاب مواد رنگزا و فرآیند رنگرزی است. آشکار است که تلاش‌هایی باید برای توسعه یک روش رنگرزی جدید برای تسریع سرعت رنگرزی، افزایش جذب رنگ و ثبات رنگی، رنگرزی منسوجات فاقد گروه‌های عاملی و بهبود پساب رنگرزی صورت گیرد.

یکی از روش‌های نوین و پیشرفته در این زمینه، استفاده از فناوری نانو است. فناوری نانو می‌تواند با انتخاب مواد مناسب رنگرزی و همچنین بهینه کردن این فرآیند، گامی مؤثر در بهبود فرایند رنگرزی داشته باشد. فناوری نانو می‌تواند به روش‌های زیر در بهبود فرآیند رنگرزی منسوجات نقش مهمی داشته باشد:

۱- استفاده از رنگدانه‌های نانومقیاس به‌صورت مستقیم به‌عنوان رنگینه

۲- عمل نمودن سطح منسوجات با پوشش‌هایی از نانو ساختارهاکه آب‌دوستی و رنگ‌پذیری را بهبود بخشد.

۳- پوشش دادن پارچه رنگ‌شده با نانو لایه برای بهبود ثبات رنگی

۴- تصفیه پساب رنگ

ازجمله مزایای کاربرد فناوری نانو در رنگرزی منسوجات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- افزایش عمق رنگی،

۲- کاهش مصرف انرژی و مواد،

۳- رنگ‌پذیر کردن الیاف عدم جاذب رنگینه،

۴- چند منظوره کردن پارچه (ضد باکتری، ضد آب و غیره)،

۵- افزایش ثبات رنگی(ثبات شستشویی، نوری، سایشی و غیره)،

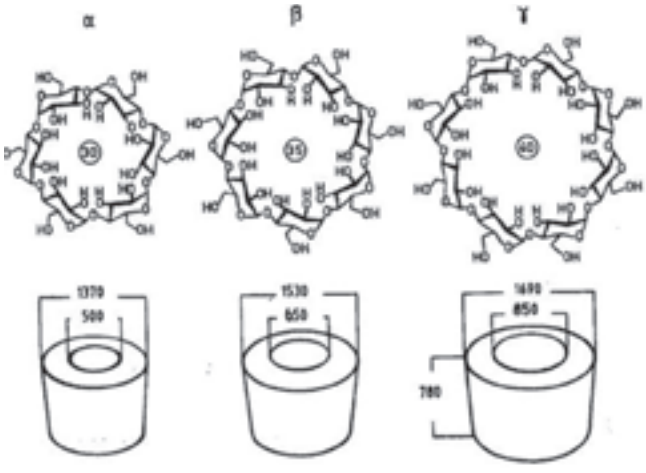
۶- بهبود پساب رنگرزی

استفاده از نانو موادی نظیر درخت‌سان‌ها، سیکلودکسترین‌ها، نانو رس، کیتوسان، نانو ذرات فلزی و فناوری پلاسما تنها گوشه‌ای از کاربردهای فناوری نانو در این شاخه از علم است که در این گزارش به بحث و بررسی این مواد پرداخته می‌شود.

٤- نانو مواد و فناوری‌های نانوی به‌کاررفته در فرآیند رنگرزی منسوجات

٤-١- سیکلودکسترین‌ها

سیکلودکسترین‌ها یکی از پرکاربردترین مواد نانو در نساجی می‌باشند و به سه دسته آلفا، بتا و گاما سیکلودکسترین تقسیم‌بندی می‌شوند (شکل ۱). مشخصه اصلی سیکلودکسترین‌ها، توانایی آن‌ها در تشکیل کمپلکس جامد (کمپلکس میزبان-میهمان) با گستره وسیعی از ترکیبات جامد، مایع و گاز از طریق ترکیب مولکولی است. این مواد به دلیل برخورداری از دو قسمت آب‌دوست و آب‌گریز، مکان‌های خوبی برای جذب مواد رنگزا با سازوکارهای ایجاد پیوندهای هیدروژنی و یا تشکیل محلول جامد می‌باشد.

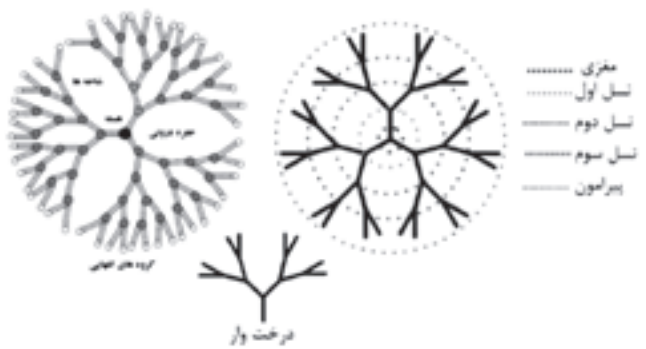


شکل ۱. ساختار و ابعاد آلفا، بتا و گاما سیکلودکسترین [۱]

از این مواد برای اصلاح سطحی پارچه‌های پنبه، پلی‌استر، پشم، پلی‌پروپیلن و غیره استفاده‌شده است که در همه موارد باعث افزایش جذب رنگزا توسط پارچه و افزایش ثبات شستشویی شده و در برخی موارد گزارش‌شده که ثبات سایشی منسوجات رنگ‌شده نیز افزایش‌یافته است [۳-۵].

٤-٢-درخت‌سان

پلیمرهای شاخه‌ای را می‌توان به دو گروه پلیمرهای درخت‌سان (ساختار شاخه‌دار یکنواخت) و فوق‌العاده شاخه‌دار (حالت تصادفی) تقسیم کرد. درخت‌سان‌ها گروهی از پلیمرهای بسیار شاخه‌دار با وزن مولکولی پایین هستند که دارای گروه‌های عاملی متعدد با یک هسته مرکزی و گروه‌های انتهایی پایانی می‌باشند (شکل ۲). ماهیت گروه‌های عاملی بیرونی، تعیین‌کننده حلالیت و واکنش‌پذیری درخت‌سان‌ها است.



شکل۲. نمای کلی از درخت‌سان‌ها

پلی‌پروپیلن‌ایمین و پلی‌آمیدوآمین دو درخت‌سان پرکاربرد هستند که دارای گروه انتهایی آمین می‌باشند. وجود گروه‌های انتهایی زیاد باعث شده این مواد کاربرد زیادی در اصلاح پارچه‌ها نایلونی داشته باشند. از سوی دیگر این مواد بر روی پارچه‌های پنبه‌ای، پشمی و غیره استفاده می‌شود تا علاوه بر بهبود رنگرزی از خواص منحصربه‌فرد ضد میکروبی آن نیز استفاده شود. این مواد با برخورداری از اندازه مولکولی کوچک، به‌راحتی درون لیف نفوذ می‌کنند و رمق‌کشی و تثبیت رنگ‌های راکتیو روی الیاف اصلاح یافته را بهبود می‌بخشند.

٤- ٣- نانو ذرات فلزی

پارچه‌های طبیعی (پنبه‌ای و پشمی) چندمنظوره نظیر پارچه‌های رنگ‌شده، ضدمیکروب و محافظ در برابر پرتو فرابنفش به‌طور مؤثر توسط سنتز درجای نانو ذرات نقره درون پارچه قابل تهیه است (شکل ۳). به‌منظور نشاندن نانوذرات روی سطح پارچه، می‌توان پارچه موردنظر را درون محلول نیترات نقره غوطه‌ور ساخت و سپس دمای محلول را تا نقطه‌جوش بالا برد. سپس محلول تری‌سدیم سیترات را به‌صورت قطره‌ای به مخلوط اضافه شود.

شکل ۳. نمای ترسیمی از عمل نمودن پارچه طبیعی با نانو ذرات نقره

٤-٤- نانو ذرات خاک رس

خاک رس به‌طورمعمول دارای ساختار لایه‌ای متشکل از سیلیکات آلومینیوم آبدار در ابعاد بسیار کوچک است. در نساجی به دو روش از این نانو ذرات استفاده می‌شود:

۱- نانو پوشش‌دار کردن سطح الیاف، که به علت تمایل رنگینه به نانو ذرات، جذب رنگینه از طریق پیوندهای هیدروژنی افزایش‌یافته و رنگینه بیشتری روی پارچه جذب می‌شود؛

۲- مخلوط کردن حین فرایند ذوب ریسی الیاف، که در این حالت این مواد وارد شبکه الیاف شده و به طبع باعث افزایش جذب رنگ پارچه نهایی می‌شود.

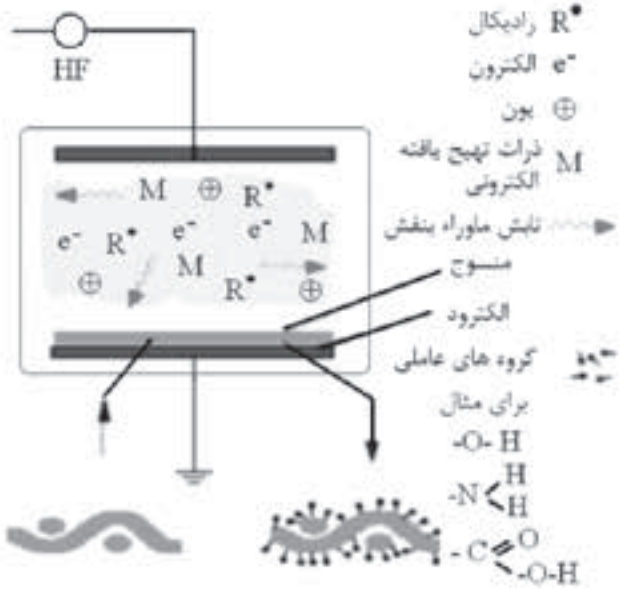
٤-٥- فناوری پلاسما

پلاسما یک گاز یونیزه شده با تراکم برابر از بارهای منفی و مثبت است که در محدوده بسیار گسترده‌ای از دما و فشار وجود دارد. پلاسما در کنار حالت‌های جامد- مایع- گاز، به حالت چهارم ماده نیز معروف است که انرژی فعال‌سازی برای این حالت بسیار بالاتر از حالت‌ها مایع و گاز می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۴مشاهده می‌شود، اتمسفر پلاسما شامل الکترون‌های آزاد، رادیکال‌ها، یون‌های، پرتوهای فرابنفش و بسیاری از ذرات مختلف تهییج یافته وابسته به گاز به‌کاررفته می‌باشد.

ذرات گاز پلاسما روی سطح پارچه در مقیاس نانو عمل می‌کنند و خصوصیات عملکردی پارچه را تغییر می‌دهند. برخلاف فرایندهای تر متداول که به‌صورت عمیق درون الیاف نفوذ می‌کنند، پلاسما تنها روی سطح پارچه عمل می‌کند و ساختار داخلی الیاف را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. فناوری پلاسما ساختار شیمیایی و توپوگرافی سطح مواد نساجی را تغییر می‌دهد.

اعمال پلاسما باعث ایجاد تغییراتی همچون بهبود برخی خواص فیزیکی ماده، تغییر در میزان آب‌دوستی، افزایش واکنش‌پذیری سطح و تسهیل در چسبندگی می‌شود. اغلب کاربردهای مربوط به نساجی پلاسما سبب افزایش قطبیت سطح، بالا بردن قابلیت ترشوندگی و بهبود کشش سطحی الیاف مصنوعی آب‌گریز مانند پلی‌پروپیلن می‌شود.

با توجه به گفته‌های قبل می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از این روش باعث افزایش جذب رنگ منسوجات در اثر افزایش قطبیت و چسبندگی سطح می‌شود. البته باید ذکر شود که این روش به‌تنهایی استفاده نمی‌شود، بلکه در تحقیقات زیادی این روش به همراه سایر مواد نانویی مانند سیکلودکسترین‌ها گزارش‌شده است [۶-۸].



شکل٤. مبنای عملیات پلاسما

۵- کاربرد فناوری نانو در رنگرزی

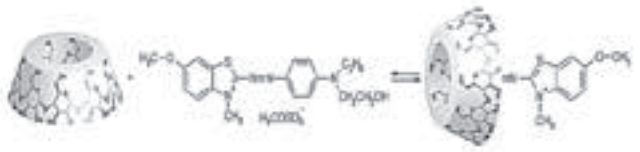
۵-۱- کاربرد سیکلودکسترین

۵-۱-۱- افزایش قدرت رنگی و یکنواختی رنگرزی در پارچه نایلونی

رنگرزی پارچه‌های نایلونی در حضور سیکلودکسترین موجب افزایش حدود ۴ تا ۱۰ برابر یکنواختی رنگرزی و تغییر اندکی در قدرت رنگی گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که حضور گاما سیکلودکسترین در مقایسه با بتا-سیکلودکسترین، به دلیل پایداری نسبی بالاتر کمپلکس سیکلودکسترین-رنگ و سرعت نسبی رهایش رنگ و نفوذ آن درون لیف منجر به یکنواختی بیشتر شده است [۹].

۵-۱-۲- یکنواختی رنگرزی الیاف آکریلیک با رنگینه‌های کاتیونی

رنگینه‌های کاتیونی مهاجرت بسیار کمی روی الیاف آکریلیک دارند و لذا عدم یکنواختی رنگ در این دسته الیاف مشکل‌ساز است. استفاده از بتا-سیکلودکسترین در رنگرزی الیاف آکریلیک با رنگینه‌های کاتیونی، ضمن ایجاد یکنواختی، عمق رنگی را نیز افزایش می‌دهند (شکل ۵) [۳].



شکل ۵. تشکیل کمپلکس سازوکار تأخیری رنگ/بتا سیکلودکسترین [۱]

۵-۱-۳- بهبود رنگ‌پذیری پارچه پلی‌پروپیلن

پارچه پلی‌پروپیلن را می‌توان با فرایند پد- خشک- پخت و از طریق واکنش اتصال عرضی با سیکلودکسترین عمل نمود. رنگ‌پذیری الیاف پلی‌پروپیلن اصلاح‌شده با سیکلودکسترین با به‌کارگیری سه رنگینه متعلق به طبقه‌های مختلف (دیسپرس، اسید و راکتیو) با استفاده از فرایند رنگرزی رمق‌کشی ارتقاء می‌یابد. تشکیل کمپلکس درجا میان رنگینه‌ها و بتاسیکلودکسترین متصل به الیاف پلی‌پروپیلن موجب افزایش سرعت رمق‌کشی رنگینه از حمام رنگرزی می‌شود. برهم‌کنش‌های ممکن میان رنگ راکتیو و الیاف عامل دار شده با بتاسیکلودکسترین در شکل ۶ نشان داده‌شده است. ملاحظه می‌شود که میزان رنگرزی به سطح اصلاح الیاف پلی‌پروپیلن با سیکلودکسترین وابسته است [۴].

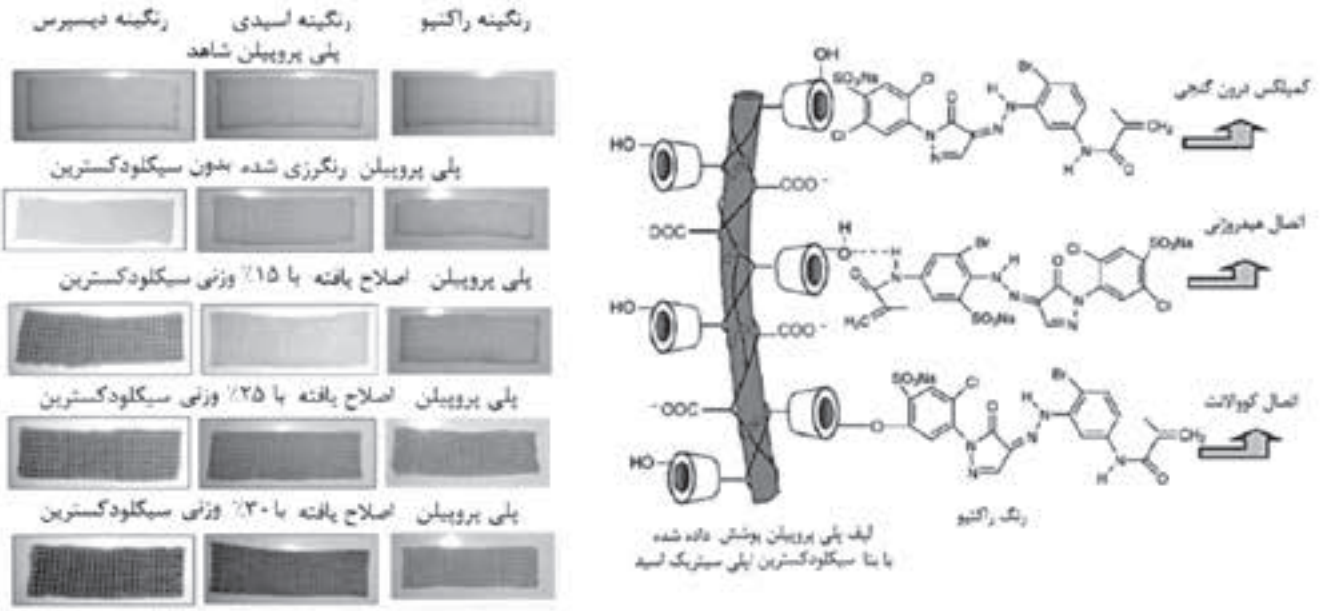
۵-۲- کاربرد درخت‌سان‌ها

۵-۲-۱- افزایش قدرت رنگی

پیش عملیات رنگرزی با درخت‌سان‌ها، قدرت رنگی پارچه‌های پنبه‌ای را افزایش می‌دهد. برای مثال، اتصال پلیمر بسیار شاخه‌دار با گروه انتهایی آمین به لیف پنبه سبب افزایش قدرت رنگی لیف در زمان رنگرزی بدون نمک با رنگ راکتیو می‌شود [۱۰]. از طرفی، در حضور اسیدسیتریک، پیش عملیات پنبه با پلیمرهای بسیار شاخه‌دار با گروه انتهایی آمین به‌عنوان عامل اتصال عرضی می‌تواند رنگ‌پذیری الیاف پنبه‌ای با رنگ‌های راکتیو را ارتقاء دهد [۱۱].

۵-۲-۲- افزایش رنگ‌پذیری الیاف جوت

تحقیقات نشان داده است که درخت‌سان‌ها قادرند با یون‌ها و ترکیبات مختلف تشکیل کمپلکس دهند و به‌عنوان یک قالب

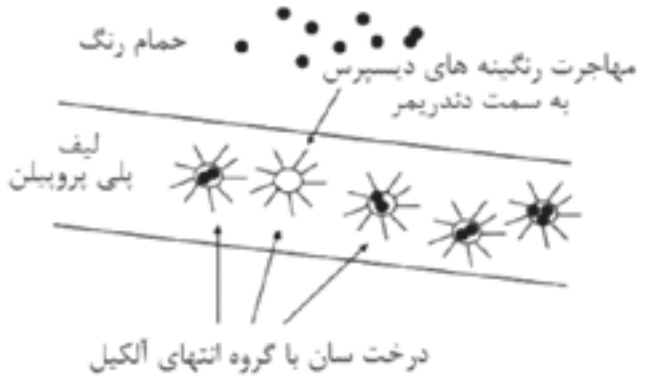


شکل ٦. (الف) برهم‌کنش‌های مختلف میان رنگینه راکتیو Yellow Lanasol 4G و الیاف پلی‌پروپیلن اصلاح یافته با بتا-سیکلودکسترین و (ب) نمونه پارچه‌های پلی‌پروپیلن شاهد و پلی‌پروپیلن (اصلاح یافته با درصدهای مختلف سیکلودکسترین) رنگرزی شده با سه رنگینه اسیدی، دیسپرس و راکتیو [٤]

برای تولید نانو ذرات فلزی به کار روند. به‌کارگیری درخت‌سان پلی‌آمیدوآمین از نسل دوم با ۱۶ گروه سطحی و ابعاد ۲/۶ نانومتر در رنگرزی الیاف جوت، سبب بهبود رنگ‌پذیری و ثبات رنگی می‌شود [۱۲].

۵-۲-۳- رنگرزی الیاف پلی‌پروپیلن

به‌منظور رنگرزی الیاف پلی‌پروپیلن، ابتدا درخت‌سان آلکیل‌دار شده با پلی‌پروپیلن مخلوط می‌شود و سپس به‌صورت لیف ریسیده می‌شود. زمانی که این لیف درون محلول رنگی مناسب قرار می‌گیرد رنگ درون درخت‌سان موجود در لیف قرار می‌گیرد و لذا لیف رنگی می‌شود (شکل ۷) [۱۳].



شکل ۷. سازوکار جذب رنگ در پلی‌پروپیلن اصلاح‌شده [۱۳]

۵-۲-٤- پلیمر پلی‌آمید با رنگ‌پذیری جدید

منشأ اصلی مشکلات رنگرزی پلی‌آمید، محدودیت تعداد گروه‌های آمینی موجود در طول زنجیرهای مولکولی آن‌ها است. لذا به نظر می‌رسد با افزایش تعداد این گروه‌ها، خواص رنگرزی این دسته از پلیمرها بهبود یابد. افزایش درخت‌سان‌های پلی‌آمیدی و آمینی به پلیمر پلی‌آمید سبب دستیابی به پلی‌آمید سوپر جاذب با هزینه‌ای پایین می‌شود، به‌طوری‌که میزان رنگ‌پذیری برخی پلیمرهای پلی‌آمید اصلاح‌شده با این روش به بیش از ۳۰ برابر افزایش می‌یابد [۱۴].

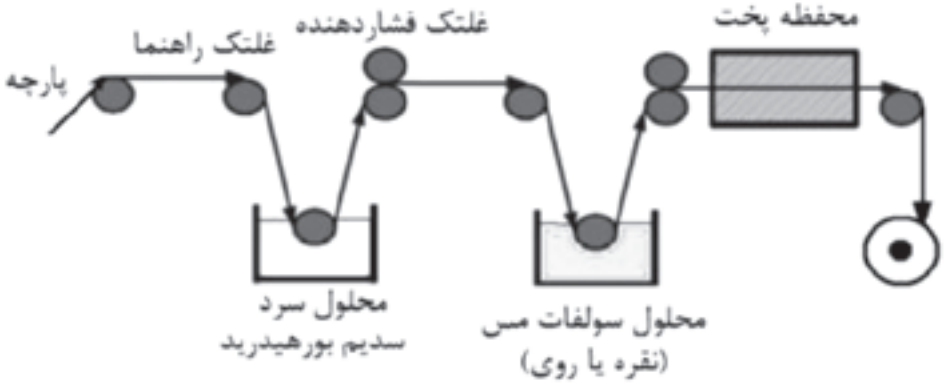
۵-۳- کاربرد نانوذرات فلزی

۵-۳-۱- بهبود خواص رنگی و فیزیکی الیاف طبیعی

افزودن نانوذرات نقره به پارچه‌های پنبه‌ای، ابریشمی و پشمی از طریق روش پدکردن (غوطه‌وری پارچه درون محلول نانو نقره به مدت ۱۰ دقیقه، پد کردن با برداشت ۷۰٪، خشک‌کردن و پخت در دمای ۱۲۰°C به مدت ۲۰ دقیقه) و سپس رنگرزی این پارچه‌ها با رنگ‌های مستقیم موجب افزایش قدرت رنگی می‌شود. ضمن اینکه عمق رنگی، ثبات شستشویی و نوری پارچه با عملیات بعدی پارچه با نانوکلوئیدها افزایش می‌یابد [۷].

از سوی دیگر با عمل نمودن پارچه پنبه‌ای با نانو ذرات مس، رنگ‌پذیری لیف پنبه‌ای با رنگ‌های مستقیم افزایش یافته ضمن اینکه خواص ضدمیکروبی علاوه بر بهبود ثبات شستشویی و نوری کالا ارتقاء می‌یابد [۸]. به‌کارگیری نانوذرات به‌عنوان دندانه در رنگرزی الیاف پشمی با مواد طبیعی نیز از کارایی بالایی برخوردار است. عمل نمودن پارچه پشمی با نانوذرات دی‌اکسید زیرکونیوم به‌عنوان دندانه در رنگرزی به روش پس دندانه، سبب افزایش رنگ‌پذیری و ایجاد خاصیت کندسوزی و ضدمیکروبی در پارچه می‌شود [۱۵].

رنگرزی الیاف پشمی با رنگزای راکتیو و تترابوتیل تیتانات در یک مرحله تحت شرایط گرمایی نشان داد که یک‌لایه نازک از دی‌اکسید تیتانیوم با اندازه ذره کمتر از ۱۰ نانومتر به‌صورت یکنواخت با سطح الیاف پشمی به‌صورت شیمیایی متصل می‌شود. افزودن اسید استیک طی فرایند گرمایی می‌تواند درصد رمق‌کشی و قدرت رنگی لیف را بهبود بخشد [۶].



شکل ۸. نمای کلی طراحی فرایند سنتز درجای نانو ذرات فلزی روی منسوج [۷]

۵-۳-۲- الیاف پلی‌استر

با آغشته‌سازی پارچه پلی‌استر در سدیم بورهیدرید سرد، پد کردن با محلول سولفات مس (سولفات نقره یا سولفات روی) و درنهایت پخت پارچه، نانوذرات مس (نقره یا روی) به‌صورت درجا روی پارچه تثبیت می‌شود (شکل ۸) [۷]. تحقیقات نشان داده است که رنگرزی منسوج با محلول رنگرزی نوین حاوی سیلیس و رنگ مستقیم سبب افزایش ۱۰٪ قدرت رنگی و ثبات مالشی و ثبات شستشویی به ترتیب یک درجه و نیم درجه شده است.

فرایند صورت گرفته در این تحقیق سل-ژل بوده است به‌طوری‌که برای ایجاد سیلیس از اتانول، تتراتوکسی-سیلان (TEOS)، آب و ۳-گلیسیدوکسی‌پروپیل‌تری‌متوکسی‌سیلان (GPTMS) استفاده‌شده است. عمل نمودن پارچه پلی‌استری با نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم و رنگرزی این الیاف بدون حضور ماده سمی کریر، علاوه بر ایجاد فام مناسب، خواص چندگانه‌ای منحصر به کاربرد این نانو ذرات نظیر خودتمیزشوندگی، آب‌دوستی و حفاظت در برابر پرتو ماوراءبنفش را به همراه دارد [۱۶].

با انجام عملیات فراصوت می‌توان نانورنگ‌های دیسپرس تولید کرد که منجر به افزایش قدرت رنگی الیاف پلی‌استر رنگرزی شده در دمای پایین می‌شود. برای افزایش ثبات رنگی نیز می‌توان نمونه‌های رنگرزی شده با دیسپرسیون نانوذرات اکسید روی درون پروپانول به مدت ۱۰ دقیقه غوطه‌ور کرد [۱۷].

۵-۳-۳- الیاف پلی‌پروپیلن

یکی از جدیدترین رویکردها در تولید الیاف پلی‌پروپیلن، اختلاط پلی‌پروپیلن با نانوذرات آلی و معدنی مناسب است. این نانوذرات در حالت مذاب در داخل ماتریس پلی‌پروپیلن قرار داده می‌شوند و انتظار می‌رود مسیرهایی برای عبور رنگینه و نیز مکان‌هایی برای جذب آن در توده پلیمر ایجاد نمایند. مقدار برداشت رنگینه به‌وسیله‌ی کامپوزیت پلی‌پروپیلن/ نانوذره خاک رس رنگرزی شده با رنگینه‌های دیسپرس، با افزایش درصد نانوذره به‌صورت خطی افزایش می‌یابد [۱۸]. همچنین استفاده از مستربچ اصلاح‌شده با نانوذرات خاک رس، رنگرزی الیاف پلی‌پروپیلن با رنگزاهای متیلن بلو و مالاخیت گرین نشان داد که نانوپیگمنت تهیه‌شده با استفاده از متیلن بلو، بازده بهتری نسبت به نانوپیگمنت تهیه‌شده با استفاده از مالاخیت گرین دارد [۱۹].

۵-۳-۴- سنتز همزمان نانوذرات نقره همراه با رنگرزی کالای نایلون

از نیترات نقره به‌عنوان نمک نقره و از کلرید قلع به‌عنوان احیاکننده و هم‌چنین دندانه رنگرزی استفاده می‌شود.

در این فرایند، ابتدا عملیات دندانه دادن پارچه نایلونی با کلرید قلع صورت می‌گیرد و پس‌ازآن سنتز همزمان نانوذرات نقره به‌صورت درجا در محیط آبی روی سطح پارچه نایلون و رنگرزی با رنگینه‌ی کرومی انجام می‌شود.

۵-۴- کاربرد فناوری پلاسما

۵-۴-۱- الیاف پروتئینی

عملیات پلاسما روی الیاف پشمی سبب بهبود رنگ‌پذیری الیاف (افزایش جذب رنگ و عمق رنگی) در اثر تغییر سطح لیف می‌شود. کاهش دمای رنگرزی الیاف پشمی و عملکرد ضد نمدی با انجام عملیات پلاسما امکان‌پذیر است [۱۵].

۵-۴-۲- الیاف پلی‌پروپیلن

منسوج بی‌بافت تهیه شده از الیاف متداول پلی‌پروپیلن قابلیت رنگرزی را ندارد.

این در حالی است که با عملیات پلاسما و گرافت کردن منسوج با آکریلیک اسید می‌توان این منسوج را با رنگینه‌های اسیدی محلول در آب رنگرزی نمود [۱۶].

۵-۴-۳- الیاف پنبه/ پلی‌استر

رنگرزی مخلوط الیاف پنبه/پلی‌استر در یک حمام و با یک رنگینه (مستقیم یا راکتیو) از طریق عملیات تخلیه کرونا و تکمیل با کیتوسان امکان‌پذیر است [۱۶].

۵-۴-۴- الیاف پلی‌استر

برای رنگرزی پارچه پلی‌استر با رنگزای کاتیونیک می‌توان پارچه پلی‌استر را با کرونا و سپس با سوسپانسیون نانو ذرات رس/ دی متیل فرمامید تکمیل نمود.

۵-۵- حذف رنگ از پساب

روش‌های متفاوتی برای از بین بردن رنگ پساب ارائه‌شده است که یکی از معروف‌ترین این روش‌ها استفاده از نانو ساختارهای دی‌اکسید تیتانیوم به‌عنوان فوتوکاتالیست است که به علت نیاز به نور خورشید و نور مرئی از محدودیت‌هایی برخوردار است.

حذف رنگ متیلن‌بلو (رنگینه کاتیونی پرکاربرد در صنایع نساجی) در حضور نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم در زمان ۳۰ دقیقه امکان‌پذیر است [۲۰]. نانوکاتالیست (پلادینیوم/ هیدروکساپاتاید/ ذرات نانو مغناطیسی اکسید آهن) برای حذف رنگ از پساب مناسب است و برای انجام فرآیند نیازی به نور مرئی ندارد.

محققین دریافتند که با به کار بردن نانولوله‌های کربن چند جداره در محیط اسیدی می‌توان آلاینده‌های زیست‌محیطی و رنگ‌ها را از پساب حذف کرد [۲۱].

شکل ۹. الیاف پلی‌پروپیلن رنگرزی شده با رنگزای دیسپرس

۵-۶- رنگینه نانویی اکولوژیکی

رنگینه نانویی اکولوژیکی، یک رنگینه جدید با اندازه ذرات کوچک‌تر از ۱۰۰ نانومتر است که از ثبات نوری خوبی برخوردار می‌باشد. با این رنگینه، می‌توان مشکلات فرایند رنگرزی از قبیل پساب رنگی بالا و فرایند چاپ نظیر ثبات رنگی پایین را حل نمود. رنگینه‌های متداول دارای اندازه ذرات کوچک‌تر از ۱۷۵ میکرومتر است درحالی‌که رنگینه نانویی در سه بعد از اندازه ذرات کوچک‌تر از ۱۰۰ نانومتر برخوردار است. این رنگینه حاوی می‌باشد و لذا از ثبات شستشویی بالایی برخوردار است. ازجمله مزایای این رنگینه، ثبات رنگی عالی، عملکرد زیست‌محیطی مناسب و غیرانتخابی بودن برای الیاف مختلف است که این امر سبب کاربرد آن در گستره وسیعی از بازار گردیده است [۲۲].

۵-۷- محصولات تجاری

۵-۷-۱-الیاف پلی‌پروپیلن با قابلیت رنگرزی با رنگزای دیسپرس

شرکت ®FiberVisions الیاف پلی‌پروپیلن باقابلیت رنگرزی تولید کرده است. در حال حاضر، لیف کوتاه برای ریسندگی رینگ موجود است و تلاش‌های برای تولید محصولات فیلامنت و ریسندگی ایرجت نیز صورت گرفته است. از ویژگی‌های این الیاف می‌توان به سبک‌بودن و راحتی، نرمی شبیه پنبه، ضد چروک، عایق حرارتی و مقاوم به لکه اشاره کرد.

محصول مخلوط نخ ®CoolVisons (الیاف کوتاه پلی‌پروپیلن قابل رنگرزی با رنگزای دیسپرس) و الیاف پشمی است که در آن ۶۰٪ الیاف مرینوس و ۴۰٪ الیاف پلی‌پروپیلن است. این محصول، یکی از ۱۰ نوآوری برتر سال ۲۰۱۵ معرفی‌شده توسط Fabriclink می‌باشد [۲۴].

۵-۷-۲- رنگ‌های نانو دیسپرس

شرکت Jetcolor از جمله تولیدکنندگان دیسپرسیون‌های نانو پایه آب می‌باشد که از محصول این شرکت به عنوان جوهر چاپ چاپگرهای جوهرافشان، رنگ خودرو و پوشش‌های صنعتی استفاده می‌شود.

۵-۷- ۳- نانو مستربچ

شرکت چینی Yantai Huada Nano Materials Co فناوری نانو را در تهیه پیگمنت به کار برده است و پیگمنت با اندازه ذراتی حدود ۲۰۰ نانومتر تهیه کرده است.

یکی از محصولات این شرکت، مستربچ تک رنگ با ابعاد کوچکتر از ۳۰۰ نانومتر است که به خوبی در الیاف پلی‌پروپیلن و پلی‌استر دیسپرس می‌شود.

این مستربچ برای پلی‌پروپیلن مصرفی در الیاف FDY، BCF، الیاف کوتاه و بی‌بافت اسپان‌باند مفید است [۲۳].

۶- جمع‌بندی

به‌کارگیری روش‌های متداول رنگرزی تا حدی نیازهای مصرف‌کنندگان را برآورد ساخته است، اما نیاز به ثبات‌های رنگی بالا، افزایش قدرت رنگی با کاربرد مقدار ماده کمتر، عدم آلایندگی، کاهش مصرف انرژی، رنگ‌پذیر نمودن الیافی نظیرپلی‌پروپیلن و غیره موجب گردید که محققان به استفاده از فناوری نانو روی بیاورند. درخت‌سان‌ها، سیکلودکسترین‌ها، نانو رس، کیتوسان و نانو ذرات فلزی ازجمله نانو موادمعرفی‌شده برای اصلاح فرایند رنگرزی در صنعت نساجی است.

پی‌نوشت:

منتشر شده توسط ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

nano.ir/report
report@nano.ir

منابع در دفتر مجله موجود است.