



تأثیر تکمیل نانو بر روی بهبود چروک پذیری منسوجات

مهدی امامی قره حاجلو^۱، شهرام شاه بابانی^۲، فرزانه استوار^۳

چکیده

فناوری نانو به منظور افزایش کارایی و ایجاد خواص نوین در محصولات به یاری علوم مختلف آمده است. تولیدکنندگان پوشاک همواره در پی راهکارهایی برای پیشی گرفتن از رقبایشان بوده‌اند و فناوری نانو این راه را در اختیار ایشان قرار می‌دهد. با استفاده از فناوری نانو می‌توان ویژگی‌های اصلی منسوجات از قبیل نرمی، ماندگاری خواص، استحکام، قابلیت جذب رطوبت و غیره را بهبود بخشید و خواص کاربردی جدیدی نظیر ضد میکروبی، کندسوزی، ضد آب و لکه، خودتمیز شونده، محافظت در برابر پرتو و غیره در منسوجات ایجاد کرد. الیاف سلولزی نظیر پنبه از دیرباز در صنعت نساجی مورد استفاده قرار می‌گرفتند. امروزه با وجود پیشرفت و توسعه الیاف بشرساخت، همچنان الیاف سلولزی در زمره پرمصرف‌ترین الیاف در تولید منسوجات به شمار می‌روند. یکی از مهم‌ترین معایب استفاده از منسوجات سلولزی، عدم ثبات ابعادی و ایجاد چروک در ساختار منسوجات می‌باشد. از اوایل دهه بیستم میلادی تحقیقاتی به منظور ضدچروک کردن این منسوجات صورت گرفت. محققین استفاده از ترکیبات شیمیایی گوناگون نظیر رزین‌های فرمالدئید و پلی‌کربوکسیلیک اسیدها را به منظور رفع این مشکل پیشنهاد کردند. در سال‌های اخیر با پیشرفت فناوری نانو، برخی مواد نانو ساختار نیز به گروه ترکیبات ضد چروک اضافه شده است. در تحقیق حاضر به جمع‌بندی روش‌های مختلف تکمیل نانو بر روی منسوجات می‌پردازیم.

مقدمه

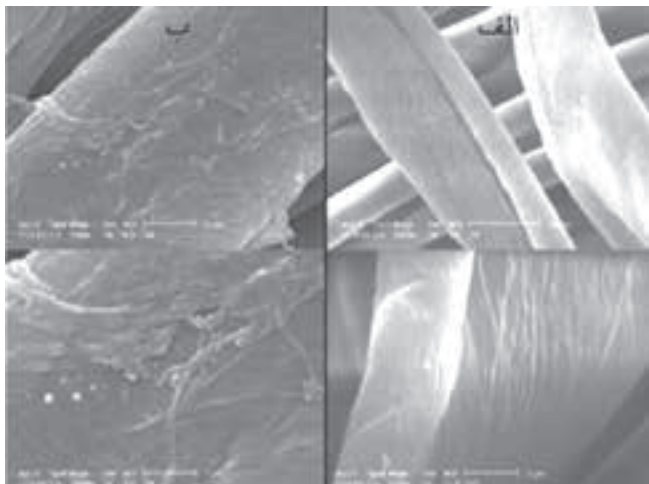
پنبه ترکیبی از سلولز که یک پلی‌ساکارید است، می‌باشد. زنجیره‌های سلولز بوسیله پیوندهای هیدروژنی در جای خود نگه داشته می‌شوند. در اثر اعمال یک نیروی زیاد روی الیاف زنجیره‌های سلولزی بر روی یکدیگر سر می‌خورند. پیوندهای هیدروژنی موجود بین زنجیره‌های سلولز در مقابل این سر خوردن مقاومت می‌کنند. اما به هر حال هنگامیکه سر خوردن اتفاق می‌افتد، پیوندهای هیدروژنی در مکان جدید ایجاد می‌شوند که تمایل به نگهداری الیاف در حالت چروک و خمیدگی دارند. [۱]

در منسوجات بویژه پارچه‌های پنبه‌ای، حضور گروه‌های هیدروکسیل با قابلیت ایجاد پیوند هیدروژنی سبب ایجاد چروک در پارچه می‌شود. در حضور آب پیوندهای هیدروژنی از محل قبلی خود باز شده و در محل جدید که معمولاً مطلوب نیست، تشکیل می‌شوند که این امر سبب ایجاد چروک در پارچه خواهد شد. در گیر کردن گروه‌های هیدروکسیل راهکاری برای ممانعت از ایجاد چروک در منسوجات می‌باشد. از

ترکیبات نانو ساختار در تکمیل ضدچروک منسوجات عمدتاً به منظور تقویت خاصیت کاتالیزوری در ایجاد اتصال عرضی بین سلولز و عامل ایجاد پیوند عرضی استفاده می‌شود. با افزودن نانوذرات به عامل ایجاد اتصال عرضی، نانوذرات در مناطق آمورف الیاف نفوذ می‌کنند و با ایجاد پیوند هیدروژنی با مولکول لیف جابجایی زنجیره‌های مولکولی سلولز را محدود می‌کنند و از طرفی واکنش کاتالیستی تشکیل اتصال استر میان حلقه آنیدرید حلقوی و گروه هیدروکسیل سلولز را افزایش می‌دهد. برخی از این نانو مواد عبارتند از: نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2)، نانو ذرات نقره (Ag)، نانو ذرات سیلیکا (SiO_2)، نانو ذرات روی (ZnO)، نانو لوله‌های کربن (CNT) و نانو ذرات کیتوسان. [۲]

کاربرد نانو فناوری در فرآیند تکمیل منسوجات

نخستین بار از فناوری نانو در صنعت نساجی و پوشاک، در مرحله تکمیل منسوجات با استفاده از نانو ذراتی موسوم به نانو دانه‌ها استفاده شد؛ که به اختصار به این فرآیند نانو تکمیل گفته می‌شود. در سال‌های



شکل ۱: الف) پنبه پوشش داده نشده ب) پنبه پوشش داده شده [۴]

اخیر استفاده از مواد فوق ریزدانه که با استفاده از فناوری نانو تهیه می‌شوند، در فرآیند تکمیل منسوجات مورد توجه فراوان قرار گرفته است. هدف از به‌کارگیری نانو مواد یا تکمیل‌های نانومتری بر منسوجات، موظف کردن منسوجات برای ایفای خصوصیات مختلف نظیر مقاومت در برابر پرتو، خصوصیات ضد میکروبی، خودتمیزشوندگی، کندسوزی، عطرآگینی و ... است؛ که این فرآیند در منسوجات مختلف اعم از الیاف طبیعی نظیر پنبه، پشم، ابریشم و الیاف بشر ساخت نظیر پلی‌استر، نایلون و اکریلیک قابل انجام می‌باشد. فرآیند تکمیل در صنعت نساجی به هرگونه عملیات (به جز تولید منسوجات و رنگرزی) که در طول مسیر تولید منسوج سبب بهبود خواص یا ایجاد خصوصیت جدید در منسوج شود، گفته می‌شود [۳].

روش‌های تکمیل منسوجات با استفاده از نانوپوشش‌ها

نانوپوشش تکمیلی است که تغییراتی را در مقیاس نانو بر سطح منسوجات به وجود می‌آورد. این تغییرات می‌تواند با استفاده از قرار دادن مواد نانو ساختار یا ایجاد نایکنواختی‌های سطحی و یا لایه‌هایی با ضخامت نانومتری بر سطح منسوجات به وجود آیند. پوشش‌های نانو می‌توانند متشکل از یک نوع نانو ساختار و یا کامپوزیتی از چند نوع ترکیب نانو ساختار باشند. بدین منظور می‌توان از ترکیبات آلی و معدنی متفاوتی بهره گرفت. دو رویکرد برای استفاده از نانو ساختارها بر روی منسوجات وجود دارد که عبارتند از:

الف) که به سنتز درجا معروف است، ماده نانو ساختار در حضور منسوج سنتز شده و بدین ترتیب امکان ایجاد پوشش نانومتری بر سطح منسوج وجود دارد مانند سنتز درجای نانو ذرات نقره بر منسوج پنبه‌ای. نانو ذرات نقره کاربردهای گسترده‌ای در صنایع مختلف دارند، به ویژه اثر ضد میکروبی این ذرات روی پلیمرها و منسوجات شناخته شده است. به منظور ایجاد پوششی از نانو ذرات نقره بر سطح منسوجات، روش‌های مختلفی وجود دارد. در یکی از روش‌های پیشنهاد شده، ابتدا نیترات نقره در حضور قلیا به اکسید نقره و سپس با استفاده از محلول آمونیاک به محلول نقره آمونیاکی تبدیل می‌شود. در ادامه با افزودن پلی‌وینیل پیرولیدون به عنوان عامل احیا و پایدارکننده همراه با تابش پرتو فرابنفش نانو ذرات نقره سنتز می‌شوند. با استفاده از این روش می‌توان اندازه نانو ذرات نقره را بر بستر منسوج کنترل نمود.

در شکل ۱ با توجه به تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) می‌توان سطح پنبه پوشش داده شده و پوشش داده نشده را با یکدیگر مقایسه نمود. منسوج پنبه‌ای تکمیل شده به این روش از خاصیت ضد میکروبی و ثبات شستشویی قابل قبولی برخوردار می‌باشد [۴].

ب) ابتدا ماده نانو ساختار به صورت جداگانه سنتز شده و با استفاده از روش‌های فیزیکی و شیمیایی بر روی کالا پوشش داده می‌شوند. در صورت استفاده از ذرات از پیش سنتز شده، روش‌های مختلفی برای

پوشش دهی منسوجات وجود دارد که به دو گروه اصلی تکمیل مکانیکی و شیمیایی تقسیم‌بندی می‌شود:

۱- تکمیل مکانیکی

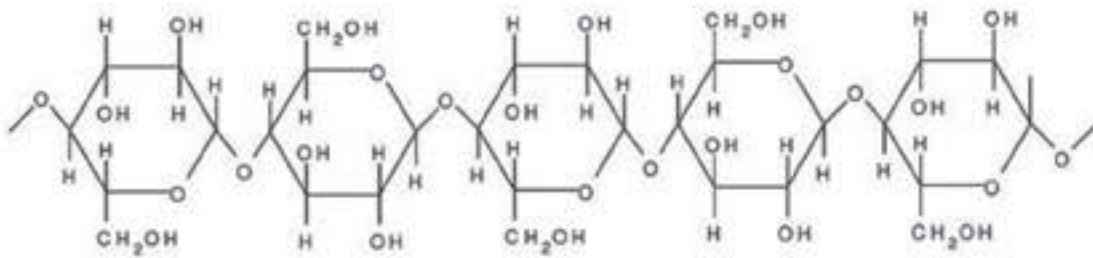
تکمیل مکانیکی شامل استفاده از اصول فیزیکی نظیر اصطکاک، کشش، اعمال گرما و فشار بر منسوج است. روش‌های مختلف تکمیل مکانیکی در صنعت نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در این میان کالندر کردن یکی از پرکاربردترین روش‌ها محسوب می‌شود. در این روش منسوج از میان دو غلتک، تحت فشار و دمای مشخص عبور داده شده و به این ترتیب سبب ایجاد فشردگی، صافی، نرمی، یکنواختی، براقیت و... منسوج می‌شود [۳].

۲- تکمیل شیمیایی

گستره وسیعی از خصوصیات با استفاده از تکمیل منسوجات با مواد شیمیایی مختلف قابل ایجاد می‌باشد. از جمله مهم‌ترین روش‌های تکمیل شیمیایی می‌توان به پد کردن (به وارد کردن محلول به درون ساختار منسوج از طریق گذر منسوج از میان دو غلتک مماس پد کردن گفته می‌شود. فشار غلتک‌ها تعیین کننده میزان ماده وارد شده به بستر منسوج می‌باشد)، رمق کشی (فرآیند جذب مواد موثر اعم از رنگزا یا مواد تکمیلی از محلول توسط منسوج که بر اساس میزان تمایل منسوج به آن ماده صورت می‌گیرد)، پوشش دهی (قرار دادن یک لایه با ضخامت مشخص در یک یا دو طرف منسوج با استفاده از روش‌های مختلف نظیر پوشش دهی چاقویی، کف و ...) و افشانه اشاره کرد [۳].

تکمیل ضد چروک کردن کالای پنبه‌ای

الیاف سلولزی نظیر پنبه از دیرباز در صنعت نساجی مورد استفاده قرار



شکل ۲: زنجیر سلولزی پیش از جایجایی پیوندهای OH

روش‌های انجام تکمیل ضد چروک پنبه

در زمان‌های بسیار قدیم، استفاده از نشاسته به عنوان پوششی بر روی کالای پنبه‌ای به عنوان تنها روش شناخته شده در کاهش چروک پارچه‌ها شناخته می‌شد. امروزه تکمیل‌های ضد چروک تنوع بیشتری پیدا کرده و در دو دسته کلی روش‌های فیزیکی و شیمیایی قرار می‌گیرند که برخی از این موارد در ادامه عنوان شده‌اند. روش‌های فیزیکی عمدتاً در کاهش چروک پذیری تأثیرگذار بوده و نمی‌توانند به عنوان عامل بازدارنده از چروک عمل کنند [۵].

الف) روش‌های فیزیکی

۱. مخلوط کردن با الیاف دیگر نظیر پلی استر: این فرآیند سبب کاهش چروک پذیری و افزایش استحکام پارچه پنبه‌ای می‌شود. اگرچه به دلیل تفاوت استحکام لیف پنبه و پلی استر امکان ایجاد پرز بر روی پارچه وجود دارد؛ لذا به منظور برطرف نمودن پزدهی می‌توان از رزین و نرم کن به طور هم زمان استفاده نمود.

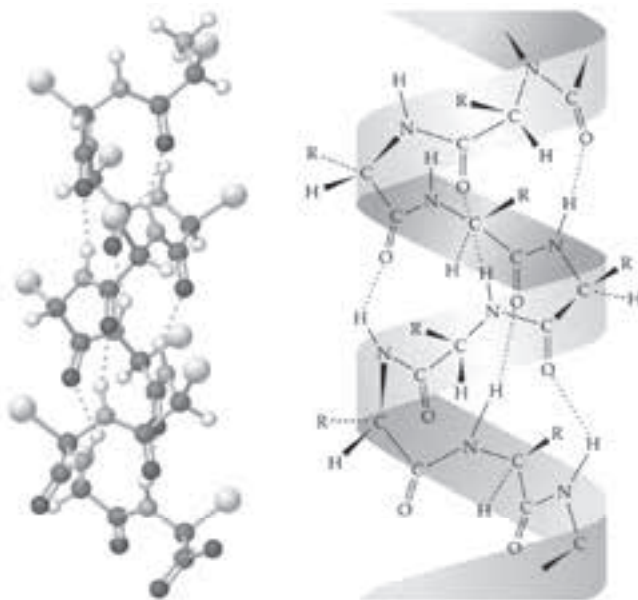
۲. تغییر در ساختار نخ در هنگام ریسندگی: با کاهش تاب در هنگام ریسندگی، انعطاف نخ بیشتر شده و میزان بازگشت پذیری پارچه از

می‌گرفتند. امروزه با وجود پیشرفت و توسعه الیاف بشر ساخت، همچنان الیاف سلولزی در زمره پرمصرف‌ترین الیاف در تولید منسوجات به شمار می‌روند. یکی از مهم‌ترین معایب استفاده از منسوجات سلولزی، عدم ثبات ابعادی و ایجاد چروک در ساختار منسوجات می‌باشد. از اوایل دهه بیستم میلادی تحقیقاتی به منظور ضد چروک کردن این منسوجات صورت گرفت. محققین استفاده از ترکیبات شیمیایی گوناگون نظیر رزین‌های فرمالدئید و پلی کربوکسیلیک اسیدها را به منظور رفع این مشکل پیشنهاد کردند. در سال‌های اخیر با پیشرفت فناوری نانو، برخی مواد نانو ساختار نیز به گروه ترکیبات ضد چروک اضافه شده است.

توانایی الیاف سلولزی نظیر پنبه در پیوند با مولکول‌های آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، مولکول‌های آب میان زنجیرهای سلولزی قرار گرفته و سبب تورم این الیاف می‌شوند. مولکول‌های آب فقط قادر به نفوذ به مناطق آمورف بوده و امکان دسترسی به مناطق بلوری ساختار سلولز را ندارند. به همین دلیل تورم به صورت ناحیه‌ای ایجاد شده و سبب اعمال تنش به ساختار الیاف سلولزی و در نهایت ایجاد چروک می‌شود.

به این ترتیب زنجیرهای مولکولی سازنده الیاف جابجا شده و این امر سبب شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی مابین زنجیرها و ایجاد پیوندهای هیدروژنی در محل‌های جدید می‌شود. به همین دلیل استفاده از وسایلی نظیر اتو سبب جایجایی مجدد زنجیرها و تثبیت جایگاه آن‌ها در محل دلخواه می‌شود. به خصوص زمانی که عمل پرس در حضور بخار آب انجام شود، حرکت زنجیرها روان‌تر شده و جایجایی راحت‌تر صورت می‌پذیرد. در شکل ۲ نمایشی از زنجیرهای سلولز قبل از جایجایی نشان داده شده است [۵].

به طور معمول چروک در پارچه‌های پشمی و ابریشمی ایجاد نمی‌شود. زیرا پیوند بین زنجیرهای این الیاف پیوند بسیار قوی سیستین (S-S) بوده که به راحتی شکسته نمی‌شود. به علاوه، ساختار مارپیچی شکل الیاف پروتئینی بر خلاف ساختار تقریباً خطی الیاف سلولزی، سبب مانع در برابر سر خوردن و جایجایی زنجیر الیاف می‌شود (شکل ۳). اگرچه ابریشم به دلیل نداشتن پیوند سیستین قابلیت چروک پذیری اندکی دارد؛ استفاده از نانو دی اکسید تیتانیوم سبب بهبود بازگشت از چروک ابریشم شده است [۶].



شکل ۳: تصویر ساختار مارپیچی شکل الیاف پروتئینی [۱۲].



چروک افزایش خواهد یافت.

۳. ضخامت الیاف: الیاف ظریفتر امکان چروک پذیری بیشتر و الیاف ضخیم تمایل کمتری به چروک شدن دارند.

۴. ساختار پارچه: پارچه‌های تار-پودی بیشتر از پارچه‌هایی با بافت حلقوی چروک می‌شوند. زیرا پارچه‌های حلقوی با داشتن ساختار فنر مانند، قابلیت ارتجاعی بیشتری دارند.

۵. تغییر در تراکم پارچه: هرچه تراکم بافت پارچه بیشتر باشد، امکان چروک شدن آن بیشتر است [۷].

ب) روش‌های شیمیایی

از آنجایی که خاصیت آب دوستی الیاف سلولزی علت اصلی ایجاد چروک در این منسوجات به شمار می‌رود، لذا به منظور جلوگیری از تأثیرات آب بر پیوندهای بین زنجیری سلولز، رویکردهای ذیل پیشنهاد می‌شود:

۱. استفاده از رزین: این تکمیل با انسداد منافذ میان الیاف مانع دستیابی مولکول‌های آب به مناطق آمورف ساختار سلولزی، ثابت شدن زنجیر الیاف در محل اولیه خود و عدم جا به جایی و ایجاد چروک می‌شود.

۲. استفاده از عوامل ایجاد پیوند عرضی: موادی که قابلیت ایجاد پیوند عرضی دارند، در زمان تکمیل منسوج وارد بخش نیمه کریستالی و آمورف سلولز شده و با ایجاد اتصال عرضی مانع از حرکت زنجیرها می‌شوند [۵].

انواع رزین‌های به کار رفته در تکمیل ضد چروک

رزین‌های دارای بنیان فرمالدئیدی:

۱) فنول فرمالدئید

این رزین با ایجاد شبکه سه بعدی به روش پد-خشک-پخت بر روی منسوجات قابل استفاده است. با وجود این که مصرف این ماده از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است، اما به دلیل حضور مولکول کوچک و فعال فرمالدئید و حلقه فنولی از جمله مواد سمی و بودار به شمار می‌آید. ضمن اینکه این رزین سبب زبر شدن زبردست کالا شده و در اثر حرارت و نور منجر به زرد شدن کالا می‌گردد. لازم به ذکر است که به منظور کاهش اثر زبری ناشی از ترکیبات فرمالدئید، می‌توان از رزین‌های سیلیکونی و یا اکریلیکی با خاصیت نرم کنندگی استفاده نمود [۸].

۲) اوره فرمالدئید

اوره در مقایسه با فنول از زیست سازگاری بیشتری برخوردار است. با این وجود سمی بودن و رهائش فرمالدئید و زردی منسوجات در این ترکیبات نیز وجود دارد. از جمله مهم‌ترین معایب این ترکیبات ثابت

شستشویی ضعیف و کاهش ثبات نوری رنگینه‌های مستقیم و راکتیو می‌باشد [۸].

۳) ملامین فرمالدئید

واکنش فرمالدئید با ملامین (به جای اوره) منجر به ایجاد تری متیلول ملامین (TMM) و یا هگزا متیلول ملامین (HMM) می‌شود. این ترکیبات نیز همچون اوره فرمالدئید در حضور سلولز از قابلیت خود تراکمی برخوردار هستند، لیکن در مقایسه با ترکیبات اوره از حساسیت کمتری نسبت به هیدرولیز برخوردار هستند [۹].

۴) دی متیلول دی هیدروکسی اتیلن اوره (DMDHEU)

این ماده که از واکنش فرمالدئید و ۴۵ دی هیدروکسی اتیلن اوره حاصل می‌شود، به دلیل داشتن ۴ گروه فعال، تمایل بیشتری برای واکنش با کالا دارد. این ماده به دلیل واکنش پذیری کمتر نسبت به ترکیبات مشابه DMU نیازمند کاتالیزور اسیدی بیشتری برای کسب بازده ضد چروک قابل قبول می‌باشد. واکنش پذیری کمتر منجر به ثبات شیمیایی بیشتر این ماده و عدم واکنش با منسوجات در حین فرآیند انبارداری می‌شود [۱۰].

۵) ۱ و ۳ دی متیلول اتیلن اوره (DMEU)

از واکنش میان اتیلن اوره و فرمالدئید تهیه می‌شود. این ماده همچون رزین‌های اوره فرمالدئید بر ثبات نوری رنگینه‌های مستقیم و راکتیو تأثیر منفی دارد. از دیگر معایب این رزین می‌توان به ثبات شستشویی کم اشاره کرد. این ترکیب که دارای دو گروه فعال برای برقراری واکنش است با برقراری پیوند اتری وارد واکنش با سلولز می‌شود [۱۰].

ترکیبات ضد چروک غیر فرمالدئیدی

۱) N,N دی متیل ۴۵ دی هیدروکسی اتیلن اوره DMDHEU

از واکنش میان گلایکوسال و N,N دی متیل اوره حاصل می‌شود. به دلیل ممانعت فضایی واکنش پذیری گروه‌های هیدروکسیل کاهش می‌یابد که این امر اتصال به سلولز را در شرایط سخت‌تری نظیر استفاده از کاتالیزور و دمای پخت زیاد امکان پذیر می‌سازد [۱۰].

۲) گلو تار آلدئید

از جمله اتصال دهنده‌های عرضی بدون فرمالدئید است که راندمان کمتری نسبت به سایر ترکیبات دارد.

۳) پلی کروکسیلیک اسیدها

این دسته از مواد بدون فرمالدئید بوده و با برقراری پیوند استری با



عامل در میزان بازگشت از چروک، غلظت کاتالیزور هیپوفسفیت سدیم است و سیتریک اسید در تهیه سل NTO نقش مهمی ایفا می‌کند. استفاده از نانو دی اکسید تیتانیوم (NTO) همراه با سیتریک اسید، ضمن افزایش احتمال اتصال عرضی، سبب ایجاد خاصیت ضد چروک مناسب در پنبه می‌شود [۱۳].

نوع دیگری از این تکمیل، ضد چروک کردن کالای پنبه‌ای با استفاده از NTO و سوکسینیک اسید به عنوان عامل پیوند عرضی در معرض پرتو فرابنفش است. گروه کربوکسیل در ساختار اسید در اثر نور احیا شده و به گروه آلدئید تبدیل می‌شود. گروه آلدئید ایجاد شده با گروه هیدروکسیل سلولز پیوند عرضی داده و سبب کاهش چروک پذیری پنبه می‌شود. در روش دیگر، نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم همراه با سیتریک اسید به عنوان عامل ایجاد اتصال عرضی و هیپوفسفیت سدیم به عنوان کاتالیزور در تکمیل ضد چروک کالای سلولزی استفاده شده است [۱۴، ۱۵].

همچنین به کارگیری بوتان تترا کربوکسیلیک اسید به تنهایی و یا همراه با سیتریک اسید و هیپوفسفیت سدیم و استفاده هم زمان از NTO سبب بهبود میزان بازگشت از چروک پارچه پنبه‌ای می‌شود. همانند موارد ذکر شده فوق، افزایش NTO در بیشتر شدن پیوند عرضی موثر می‌باشد. اگرچه افزایش بیش از حد میزان NTO منجر به تجمع نانو ذرات روی کالا یا داخل محلول شده و با افزایش ابعاد ذرات کارایی آن‌ها در بهبود بازگشت از چروک کاهش می‌یابد. همچنین ابعاد بزرگ‌تر ناشی از تجمع نانو ذرات می‌تواند مانع از نفوذ ذرات به فواصل میان الیاف شده و احتمال ایجاد پیوندهای عرضی را کاهش دهد و به این ترتیب خاصیت ضد چروک مورد نظر حاصل نشود. نتایج نشان می‌دهند که اعمال هم‌زمان حرارت و پرتو فرابنفش می‌تواند سبب بهبود خاصیت ضد چروک شود [۱۶، ۱۷].

بوتان تترا کربوکسیلیک اسید با داشتن یک گروه کربوکسیل بیشتر از سیتریک اسید، کارایی بیشتری در ایجاد خاصیت ضد چروک کالای سلولزی دارد. همان‌طور که در تصویر مشخص است، ابتدا کربوکسیلیک اسید به نانو ذرات متصل می‌شود. NTO تحت تابش فرابنفش یک الکترون (e^-) و یک حفره (h^+) ایجاد می‌کند (۱). بوتان تترا کربوکسیلیک اسید دارای الکترون قابل اشتراک و حفره دارای بار مثبت است، بنابراین h^+ باعث فعال شدن گروه کربونیل می‌شود (۲). در مرحله بعد واکنش هسته دوستی اتفاق می‌افتد و اکسیژن به عنوان عامل هسته دوست سلولز به کربن با بار مثبت متصل می‌شود (۳). در ادامه یک مولکول آب از ماده واسط حذف می‌شود (۴). در نهایت h^+ از محصول جدا شده و سبب ایجاد پیوند استری بین گروه کربوکسیل و سلولز می‌شود [۱۷].

سلولز واکنش می‌دهند. این ترکیبات بر خلاف ترکیبات فرمالدئیدی غیر سمی می‌باشند [۱۱].

کربوکسیلیک اسیدهایی که برای ایجاد پیوند عرضی با منسوجات استفاده می‌شوند عبارتند از سیتریک اسید CA، سوکسینیک اسید SA، مالئیک اسید MA و بوتان تترا کربوکسیلیک اسید BTCA. در میان کربوکسیلیک اسیدها BTCA بهترین بازده ضد چروک را داشته و بیش از سایر اعضای این خانواده، در صنعت نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گروه به دمای پخت بالاتر و مقادیر زیاد کاتالیزورهای فسفری برای افزایش بازده نسبت به ترکیبات فرمالدئیدی نیازمند هستند. از جمله معایب این روش، استفاده از کاتالیزور گران قیمت هیپوفسفیت سدیم به مقدار زیاد است که می‌تواند منجر همچون یک ماده احیا کننده سبب رنگ بری رنگینه های گوگردی و خمی شود [۱۱].

به کارگیری نانو ساختارها در تکمیل ضد چروک

از ترکیبات نانو ساختار در تکمیل ضد چروک منسوجات عمدتاً به منظور تقویت خاصیت کاتالیزوری در ایجاد اتصال عرضی بین سلولز و عامل ایجاد پیوند عرضی استفاده می‌شود. برخی از این نانو مواد در ادامه معرفی می‌شوند:

۱) نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم (TiO_2)

استفاده از نانو ذرات تیتانیوم دی اکسید همراه با مواد دیگر که عمدتاً در دسته عوامل اتصال عرضی هستند، سبب بهبود چروک پذیری پنبه می‌شود. استفاده از ترکیب DMDHEU-nano TiO_2 سبب ایجاد خاصیت ضد پرتو فرابنفش و بهبود استحکام پارگی پارچه نیز می‌شود. از مزیت‌های دیگر استفاده از نانو TiO_2 به عنوان کاتالیزور، کاهش مقدار فرمالدئید آزاد ناشی از به کارگیری DMDHEU و رفع مشکل کاهش استحکام منسوجات سلولزی به دلیل استفاده از کاتالیزور تولید کننده اسید است. رویکرد دیگر برای تحلیل نقش نانو ذرات، قرارگیری نانو ذرات مابین الیاف است که سبب محدود شدن حرکت زنجیرهای سلولز شده و از این طریق از چروک شدن پارچه جلوگیری می‌نماید [۱۲].

ترکیب دیگری که در این گروه از تکمیل‌های نانو قرار می‌گیرد، استفاده از سل نانو دی اکسید تیتانیوم می‌باشد که به روش سل-ژل و توسط پیش ماده تترابوتیل اورتوتیتانات (TBOT) و سیتریک اسید همراه با اتانول تولید می‌شود. استفاده از این ترکیب سبب ایجاد خاصیت ضد چروک و ضد پرتو فرابنفش هم‌زمان، سفیدکنندگی و افزایش استحکام می‌شود. ایجاد پیوند عرضی استری بین سیتریک اسید و سلولز توسط آزمون FTIR و خاصیت ضد چروک از طریق آزمون بازگشت از چروک قابل ارزیابی است. در این روش مهم‌ترین



۲) نانو ذرات نقره (Ag)

صورتی که از این ترکیبات برای پوشش دهی منسوجات استفاده شود، این امر سبب افزایش هدایت الکتریکی و استحکام کششی منسوج (به ویژه در مورد CNT و CNF) می‌شود. معمولاً اصلاحات مختلفی بر روی این ترکیبات برای ایجاد خواص مطلوب صورت می‌گیرد. در صورتی که این ترکیبات اصلاح نشوند، دارای حلالیت اندکی بوده و دیسپرس کردن آن‌ها دشوار است. بدین منظور این ترکیبات را با گروه‌های فعال نظیر OH ، NH_2 ، COOH و... اصلاح می‌کنند. نانولوله‌های کربنی اصلاح نشده خاصیت آب‌گریزی دارد، که در اثر پوشش دهی منسوجات با این ترکیب خاصیت دفع آب ایجاد می‌شود. گرافیت به دلیل ساختار صفحه‌ای بهترین گزینه برای ایجاد خاصیت هدایت الکتریکی است زیرا ساختار صفحه‌ای امکان انتقال بهتر الکترون را فراهم می‌آورد [۲۱].

۶) نانو ذرات کیتوسان (Chitosan)

به کار بردن نانو ذرات کیتوسان بر روی کالای پنبه‌ای سبب نفوذ این پلی کاتیون به داخل الیاف شده و امکان ایجاد اتصال بین زنجیره‌های سلولزی را فراهم می‌آورد. به همین دلیل احتمال جا به جایی زنجیره‌ها، شکستن پیوندهای هیدروژنی و ایجاد چروک کاهش می‌یابد. اگرچه استفاده از عامل اتصال عرضی همراه با استفاده از نانو ذرات کیتوسان برای کسب نتایج مطلوب ضروری به نظر می‌رسد. این در حالی است که استفاده از کیتوسان در ابعاد میکرو همراه با عامل اتصال دهنده عرضی سبب پوشانده شدن سطح شده و از ایجاد پیوندهای عرضی بین سلولز و عامل اتصال عرضی جلوگیری می‌نماید [۲۲، ۲۳، ۲۴].

نتیجه‌گیری

با توجه به موارد ذکر شده در این تحقیقات به نظر می‌رسد استفاده از نانو ساختارها در زمینه تکمیل ضد چروک منسوجات تاکنون به استفاده از این ترکیبات به منظور افزایش بازده روش‌های مرسوم ضد چروک کردن منسوجات محدود می‌شود. بدیهی است تحقیقات بیشتر برای بررسی نقش مواد نانو ساختار مختلف در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد.

پی‌نوشت

۱- دانشجوی دکتری مهندسی نساجی، دانشکده نساجی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

* emami406msc@gmail.com

۲- دانشجوی دکتری مهندسی نساجی، دانشکده نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و

تحقیقات، تهران، ایران

۳- کارشناس ارشد طراحی پارچه و لباس، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم‌شهر، قائم‌شهر،

ایران

منابع در دفتر مجله موجود است.

استفاده از AgNO_3 همراه با احیاکننده و پایدار کننده سیتریک اسید/هیپوفسفیت-سدیم به منظور سنتز درجای نانو نقره بر روی کالای پنبه‌ای و استفاده از نانو ذرات نقره همراه با عامل اتصال دهنده عرضی و همچنین سیلوکسان می‌تواند سبب ایجاد خاصیت ضد چروک بر روی کالا شود. در تحقیقات ذکر شده است که استفاده از نانو ذرات نقره به تنهایی نیز تا حدی سبب بهبود چروک پذیری کالای پنبه‌ای خواهد شد. استفاده هم‌زمان از نانو ذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم از طریق ایجاد پیوند لیگاند اکسید فلز سبب تشکیل یک نانو آمیزه شده که از طریق پیوند کوالانسی به بستر منسوج متصل می‌شود. نتایج تحقیقات گویای آن است که استفاده از این نانو آمیزه در حضور بوتان تترا کربوکسیلیک اسید می‌تواند سبب بهبود خاصیت ضد چروک منسوجات سلولزی شود [۱۸].

۳) نانو ذرات سیلیکا (SiO_2)

استفاده از نانو ذرات سیلیکا به عنوان بهبود دهنده خاصیت ضد چروک همراه با بوتان تترا کربوکسیلیک اسید به عنوان عامل ایجاد پیوند عرضی و کاتالیزور هیپوفسفیت-سدیم، از جمله تکمیل‌های ضد چروک با مواد نانو ساختار است. افزایش غلظت نانو ذرات سیلیکا در این تکمیل سبب بهبود خاصیت بازگشت از چروک و افزایش استحکام پارچه شده می‌شود. همچنین از این نانو ذرات همراه با اتصال دهنده‌های دیگری نظیر مالئیک انیدرید بر روی کالای ابریشمی استفاده شده است [۱۱، ۱۹].

۴) نانو ذرات روی (ZnO)

به کارگیری نانو ذرات روی همراه با کاتالیزور هیپوفسفیت-سدیم و عامل اتصال عرضی بوتان تترا کربوکسیلیک اسید و یا سوکسینیک اسید سبب بهبود چروک پذیری پارچه پنبه‌ای می‌شود. تغییر عوامل مختلف واکنش نظیر غلظت نانو ذرات، غلظت کاتالیزور و دمای پخت در میزان بازگشت از چروک پارچه مؤثر خواهد بود [۲۰].

۵) نانولوله‌های کربن (CNT)

قرارگیری زنجیره‌های بلند CNT بین زنجیره‌های سلولز به ویژه در حضور عوامل ایجاد اتصال عرضی می‌تواند سبب ایجاد خاصیت ضد چروک در کالای پنبه‌ای شود. به عنوان مثال، استفاده از نانولوله‌های کربن چند دیواره همراه با سوکسینیک اسید به عنوان عامل اتصال دهنده عرضی و کاتالیزور هیپوفسفیت-سدیم از طریق ایجاد پیوند عرضی بین نانو لوله کربن و زنجیره‌های سلولزی سبب کاهش انعطاف زنجیره‌ها و ایجاد خاصیت ضد چروک می‌شود.

کربن انواع مختلفی دارد که از این میان می‌توان به کربن بلک، نانولوله‌های کربنی (CNT)، گرافیت و الیاف کربن (CNF) اشاره نمود. در