نقره اندود کردن کالای پلی‌استری به وسیله روش‌های یک حمامه و دو حمامه و خصوصیات آن‌ها

مترجم: امین رضایی

چکیده

کالاهای نساجی متالیزه شده موجود در بازار به دلیل ناهمواری لایه فلزی همراه با عیوب در سطح لیف که منجر به کاهش چسبندگی و ایجاد گسستگی در لایه فلزی، زیان رساندن به پروسه‌های بعدی و کارایی منسوج فلزی می‌شود، برای کاربردهای مختلف مناسب نیستند. علاوه بر این، متالیزه کردن منسوج با روش شیمیایی تر تا به حال تنها به استفاده از چند پلیمر (پلی‌آمید) محدود شده است. در چهارچوب این کار، مبنای علمی برای عامل‌دار کردن الکتریکی و ضد میکروبی و همچنین اصلاح کالای تهیه شده از پلی‌اتیلن ترفتالات حاصل شد. از آنجا که منسوجات تهیه شده از پلی‌استر سطحی خنثی و آب‌گریز دارند که به معنی نداشتن گروه‌های عاملی است، یک روش شیمیایی تر یک حمامه و دو حمامه برای متالیزه کردن و اتصال نقره و ترکیبات نقره‌ای به سطح لیف استفاده شد.

مقدمه

روش‌های مختلفی برای اتصال نقره به کالای نساجی مانند روش شیمیایی تر، رسوب‌دهی فیزیکی بخار (PVD)، رسوب‌دهی شیمیایی بخار (CVD) یا رسوب‌دهی الکترولیتی پوشش‌های غیر آلی (galvanic ED)، رسوب‌دهی شیمیایی پوشش‌های غیر آلی و فناوری پلاسما استفاده شده است. مشکل اصلی برای بکارگیری لایه‌های انعطاف‌پذیر نازک روی منسوجات به وجود آوردن نیروی چسبندگی کافی است، به خصوص محل عبور نخ‌ها از روی یکدیگر که نقاط ضعف منسوجات برای رسوب‌دهی یک لایه فلزی بسته هستند. از یک طرف، یک منطقه سایه از طریق سطح موجدار لیف در قسمت پایین هر لیف ایجاد می‌شود که تنها مقدار کمی از ذرات فلز روی آن رسوب می‌کند و یا اصلاً رسوب نمی‌کند. از طرف دیگر، شکاف‌های هوایی بزرگی بین نخ‌های به هم پیوسته وجود دارد که به تعداد و نوع نخ‌ها بستگی دارد.

کالاهای نساجی حال حاضر ابتدا از طریق روش‌های الکترولیتی و شیمیایی تر و به صورت یک پارچه کشباف نقره اندود شده و سپس نخ نقره اندود شده از طریق باز کردن بافت به دست می‌آید. مشکلی که بعد از باز کردن بافت پارچه کشباف متالیزه شده به وجود می‌آید موجدار شدن الیاف است. تولید پارچه‌های پر کننده با الیاف موجدار به نظر سخت یا غیر ممکن می‌آید و در نتیجه قابلیت تولید مجدد پارچه کشباف نیز کاهش می‌یابد. به منظور کاهش موج الیاف متالیزه شده به طور کلی یک پروسه تکمیلی اضافی مورد نیاز است. روش‌های نقره اندود کردن شیمیایی تر که تا به حال برای پلی‌استر استفاده می‌شدند، چسبندگی غیر همگن و ناکافی لایه نقره روی سطح لیف را به همراه داشت. عوامل اکسید کننده مانند پرسولفات با آلکالی متال هیدروکسید که می‌تواند منجر به آسیب به کالا شود به همراه عوامل سفت کننده، دیسپرس کننده و یا غلظت دهنده استفاده می‌شوند که برای اتصال و ثبات ذرات نقره در روش‌های معمول لازم است. تا قبل از این، الیاف طبیعی مانند پنبه و پشم و همچنین الیاف مصنوعی مانند پلی‌آمیدها با موفقیت متالیزه شده‌اند. با این حال، تقاضا برای الیاف مصنوعی متالیزه شده مانند پلی‌استر، پلی‌پروپیلن و پلی‌اتر اتر کتون برای کاربردهایی در الکترونیک، فناوری حسگرها، مهندسی مکانیک و سازه‌های سبک وزن در حال افزایش است. این الیاف در مقایسه با الیاف طبیعی و پلی‌آمیدها دارای استحکام و ثبات در برابر هیدرولیز بالایی هستند. با این حال، پلی‌استر دارای سطحی خنثی و آبگریز است که هیچ گروه عاملی برای اتصال با نقره ندارد.

با توجه به این شرایط، توجه کار انجام شده در اینجا روی توسعه مبنایی علمی برای عامل‌دار کردن و اصلاح منسوجات تهیه شده از پلی‌استر متمرکز شد. لازم است تا فناوری‌هایی برای ثابت کردن دائمی ترکیبات نقره روی سطح الیاف بدون از دست رفتن خواص اصلی کالا توسعه یابد. چالش اصلی، رسوب‌دهی لایه‌های فلزی همگن و بدون عیب از ذرات نقره یک اندازه با چسبندگی خوب روی سطوح لیفی تک فیلامنت و مولتی فیلامنت پلی‌استر است. روش توسعه یافته جدید باید قابل تغییر و قابل کاربرد برای تمام لیف‌های پلیمری در شکل‌های مختلف (نخ و پارچه) باشد تا زمینه کاربرد گسترده‌تری برای منسوجات متالیزه شده در آینده به وجود آید.

بعد از نقره اندود کردن با روش شیمیایی تر، کالای پلی‌استر نقره اندود شده باید بعد از شستشو لایه‌ای از جنس نقره با پایداری مناسب و خواص هدایت الکتریکی و ضد باکتری داشته باشد. پارچه جدا کننده تشکیل شده از نخ‌های نقره اندود شده در سیستم‌های نگهداری آب و دیگر سیالات برای کاهش استقرار و تکثیر میکرو ارگانیزم‌ها استفاده شد. بنابراین آنالیز آزادسازی یون‌های نقره در آب از کالای پلی‌استری نقره اندود شده اهمیت دارد.

۲- مواد

در همکاری نزدیکی با شرکت St. Micheln GmbH (Mülsen, Germany) & Co. Ltd، ساختارهای متفاوتی مانند نخ‌های تهیه شده از فیلامنت‌های ممتد، پارچه‌های مورد استفاده در تولید منسوجات و پارچه‌های جدا کننده

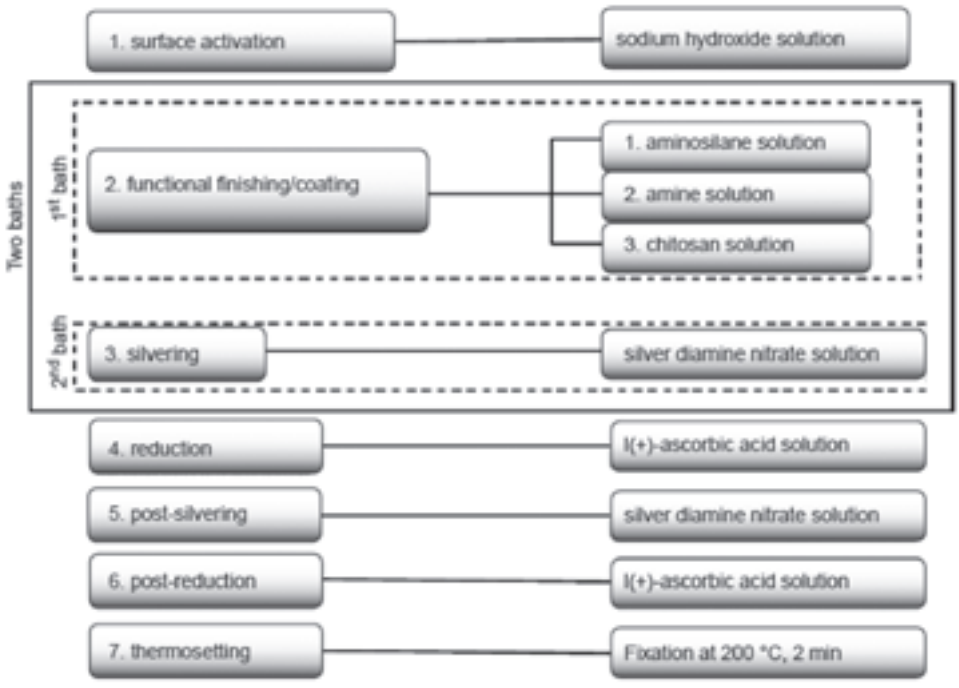
تهیه شده از پلی‌استر به عنوان ماده اولیه متالیزه کردن استفاده شد.
- نخ پلی‌استری تهیه شده از فیلامنت‌های ممتد (۴۸/۳ تکس، ۳۴ فیلامنتی، بدون سفیدکننده نوری، سطح مقطع دایره‌ای)
- پارچه کشباف تاری ظریف locknit، right/left، شسته شده و تثبیت شده، ۵۰ دسی تکس، ۲۴ فیلامنتی و ۱۲ حلقه در هر سانتی متر
- پارچه جدا کننده با فاصله ۱۶ میلی‌متر بین دو سطح بالای آن استفاده شد.

آمینو سیلان‌هایی مانند ۳-آمینو پروپیل تری متوکسی سیلان (Fluka Chemie GmbH, Oberhaching, Germany) و N-(۲-آمینو اتیل)-۳-آمینو پروپیل تری متوکسی سیلان (Fluka Chemie GmbH, Oberhaching, Germany)، آمین‌های مصنوعی مانند Bis-(۳-آمینو پروپیل)-آمین (Fluka Chemie GmbH, Oberhaching, Germany)، تترا اتیلن پنتامین (Fluka Chemie GmbH, Oberhaching, Germany)، لوپامین ۹۰۹۵ (Merck KGaA, Darmstadt, Germany) و آمین‌های طبیعی مانند کیتوسان (Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Munich, Germany) برای پوشش‌دهی مناسب انتخاب شدند.

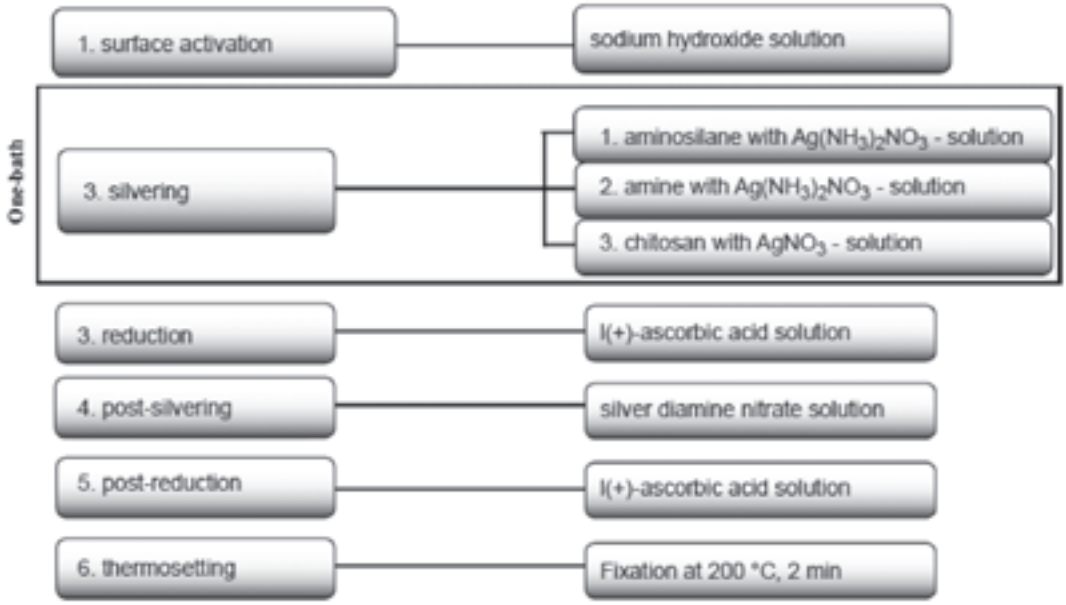
۳- توسعه روشی برای متالیزه کردن کالا

عامل کلیدی برای نقره اندود کردن منسوج پلی‌استری روش شیمیایی تر است. آمین‌های آلیفاتیک، آمینو سیلان‌ها و کیتوسان دارای گروه‌های آمینو هستند که توانایی ایجاد پیوند یون‌های نقره با جفت الکترون آزاد خود را دارند. به منظور نشاندن ترکیبات دی آمین نقره روی سطح الیاف پلی‌استر، یک روش نقره اندود کردن شیمیایی تر یک حمامه (مستقیم) و دو حمامه (غیر مستقیم) در Institute of Textile Machinery and Textile High Performance Material Technology (ITM) of TU Dresden, Germany توسعه یافت.

مراحل فرآیند نقره اندود کردن با روش دو حمامه در شکل ۱ مشاهده می‌شود. برای تثبیت مواد تشکیل دهنده کمپلکس (ترکیبات آمینوی اشاره شده) روی سطح پلیمر، پلی‌استر با محلول سدیم هیدروکسید پیش عمل شد. سپس کالای پیش عمل شده در محلول تکمیلی (آمینو سیلان، پلی آمیدهای آلیفاتیک یا کیتوسان) آغشته شد. بعد از این تکمیل، آن‌ها یا با محلول نیترات دی آمین نقره ($Ag(NH_3)_2NO_3$) یا با محلول نیترات نقره ($AgNO_3$) نقره اندود شدند. سطح الیاف نقره اندود شده با محلول L(+)-آسکوربیک اسید ($C_6H_8O_6$) کاهیده شد تا نقره نامحلول به طور دائم روی سطح لیف باقی بماند. بعد از این کاهش، نقره اندود کردن مجدد با محلول نیترات دی آمین نقره و کاهش مجدد با محلول L(+)-آسکوربیک اسید انجام شد. سپس این نمونه‌ها با آب تمیز شده، در هوا خشک شده و تثبیت حرارتی می‌شوند. در روش دو حمامه، فرآیند عامل‌دار کردن و نقره اندود کردن در دو حمام جداگانه انجام می‌شود. با استفاده از نقره اندود کردن مستقیم در یک حمام، کاهش قابل توجهی در مراحل فرآیند حاصل می‌شود. در این روش تولید ذرات نقره روی سطح لیف به گونه‌ای امکان پذیر است که به کارگیری همگن آن منجر به ایجاد لایه‌ای از نقره روی سطح الیاف می‌شود. استفاده از این روش بدان معنا است که کالای پلی-استری پیش عمل شده بدون آغشته‌سازی نقره اندود می‌شود (شکل ۲). در روش یک حمامه، محلول نمکی نقره ($AgNO_3$ یا $Ag(NH_3)_2NO_3$) به طور مستقیم به عامل تکمیلی (آمینو سیلان، پلی آمیدهای آلیفاتیک یا کیتوسان) اضافه شد. کالای پلی‌استری پیش عمل شده سپس با فرو بردن در محلول و پد کردن نقره اندود شد. نمونه‌های به دست آمده سپس کاهیده شده، مجدداً نقره اندود و کاهیده شده و در انتها با استفاده از حرارت تثبیت شدند. در هنگام عمل با روش نقره اندود کردن شیمیایی تر، استفاده از عوامل اکسید



شکل ۱، ترتیب فرآیند برای نقره اندود کردن شیمیایی تر ماده اولیه پلی‌استری با روش دو حمامه (غیر مستقیم)



شکل ۲، ترتیب فرآیند برای نقره اندود کردن شیمیایی تر ماده اولیه پلی‌استری با روش یک حمامه (مستقیم)

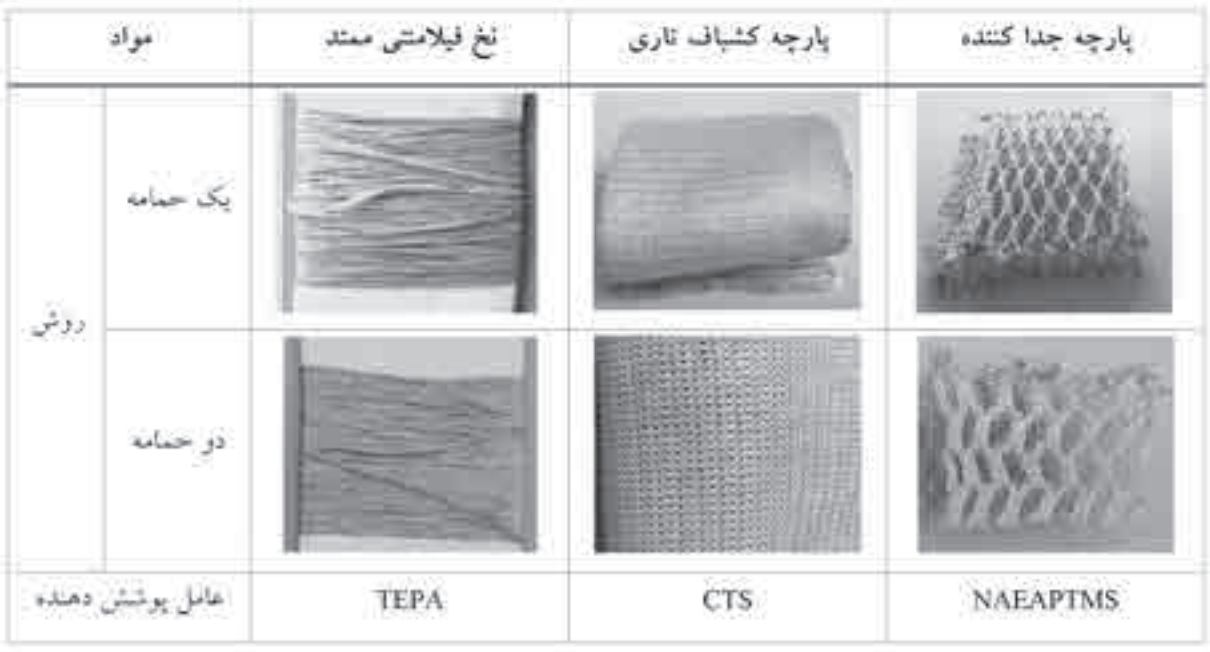
کننده‌ای مانند پرسولفات در حضور آلکالی متال هیدروکسید نباید انجام شود چون منجر به آسیب رسیدن به کالا می‌شود. اضافه کردن عوامل سفت کننده، دیسپرس کننده یا غلظت دهنده که برای اتصال و ثبات ذرات نقره ضروری است نیز می‌تواند حذف شود. فرآیند نقره اندود کردن در دماهای پایین ($35\pm3^{\circ}C$) انجام می‌شود. بنابراین روش‌های توسعه یافته نسبت به روش‌های موجود بیشتر دوستدار محیط زیست هستند.

٤- نتایج و بحث

چالش اصلی برای نقره اندود کردن کالا، دستیابی به ۳ هدف اصلی چسبندگی خوب، یکنواختی اندازه ذرات نقره و پوشش کامل سطح الیاف است. برای دستیابی به این ۳ هدف، عوامل تاثیرگذار داخلی و خارجی در نقره اندود کردن با تغییر در مقادیر آن‌ها به دقت آنالیز شدند. این عوامل عبارتند از:

عوامل تاثیرگذار داخلی

- pH محلول نقره اندود کردن (pH=۱۱)
- زمان دادن به محلول نقره اندود کردن (۲۴ ساعت)
- غلظت نقره (۰/۵٪)
- غلظت اسید آسکوربیک (۱۰٪)



شکل ۳، نقره اندود کردن نخ فیلامنتی ممتد، پارچه کشباف تاری و پارچه جدا کننده با استفاده از روش‌های شیمیایی تر یک حمامه و دو حمامه؛ TEPA - تترا اتیلن پنتامین، CTS – کیتوسان، N – NAEAPTMS – (۲-آمینو اتیل)-۳-آمینو پروپیل تری متوکسی سیلان

– زمان نقره اندود کردن (۱ ساعت) و دما (۳۵±۲°C)
– زمان تثبیت حرارتی (۲ دقیقه) و دمای آن (۲۰۰°C)

عوامل تاثیرگذار خارجی

– نوع فیلامنت (تک فیلامنت، مولتی فیلامنت)
– فشار غلتک پد (۳×۱۰۵ پاسکال)
– سرعت غلتک پد (۳ متر بر دقیقه)

٤-۱ خصوصیات سطحی

پوشش نقره کامل با توزیع یکنواخت ذرات نقره به وسیله روش‌های یک حمامه و دو حمامه روی سطح الیاف پلی‌استر در شکل‌های مختلف (نخ تهیه شده از فیلامنت‌های ممتد، پارچه مورد استفاده در تولید منسوجات و پارچه جدا کننده) می‌تواند از طریق آنالیز اصولی تمام پارامترهای فرآیند و تنظیم بهینه آن‌ها حاصل شود (شکل ۳). تصاویر SEM (شکل ۴) به وضوح نشان می‌دهد که نخ‌ها، پارچه‌های کشباف تاری و پارچه‌های جدا کننده نقره اندود شده دارای پوششی کامل از نقره در نتیجه عمل با روش‌های یک حمامه و دو حمامه هستند.

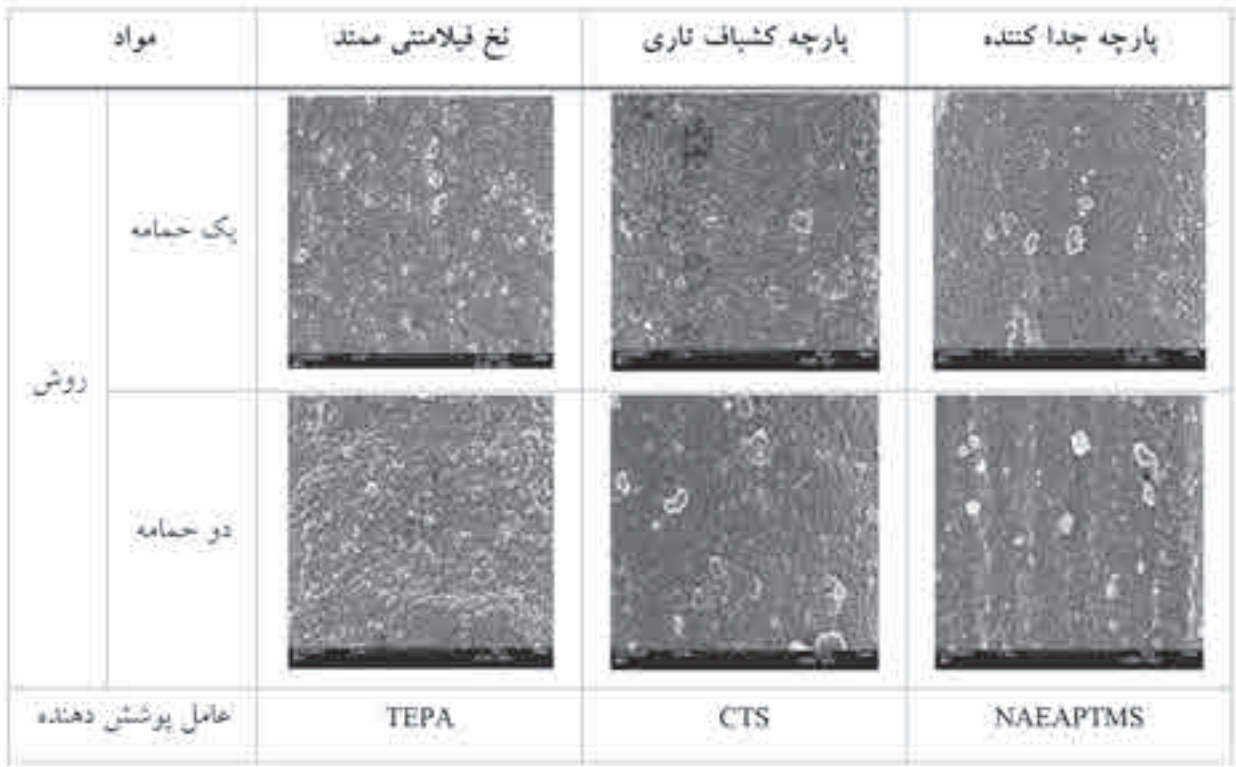
٤-۲ اندازه ذرات

ویژگی مهم نقره اندود کردن شیمیایی تر، اثر رنگی ایجاد شده (شکل ۵) بعد از نقره اندود کردن کالا است. اندازه ذرات اثر قابل توجهی در رنگ محلول نقره و در نتیجه رنگ کالای عمل شده دارد. نمونه‌هایی که اندازه ذرات در آن‌ها متفاوت است (شکل a–۶) رنگ تیره‌تری را در سطح کالا ایجاد می‌کنند. محلول‌های نیترات دی آمین نقره آمین‌های آلیفاتیک و آمینو سیلان‌ها در ابتدا بی رنگ هستند اما با زمان دادن به محلول رنگ آن‌ها از زرد تا قهوه‌ای تغییر می‌کند. با کمک تصاویر SEM (شکل c–۶) و رنگ نقره، می‌توان به صورت بصری تشخیص داد که از محلول زرد رنگ، ذرات نقره با اندازه کوچک و توزیع یکنواخت روی سطح الیاف پلی‌استر ایجاد شده است. با افزایش غلظت آمونیاک در محلول نیترات دی آمین نقره آمین آلیفاتیک و محلول نیترات دی آمین نقره آمینو سیلان، یک رنگ طلایی درخشنده را می‌توان روی کالا ایجاد کرد.

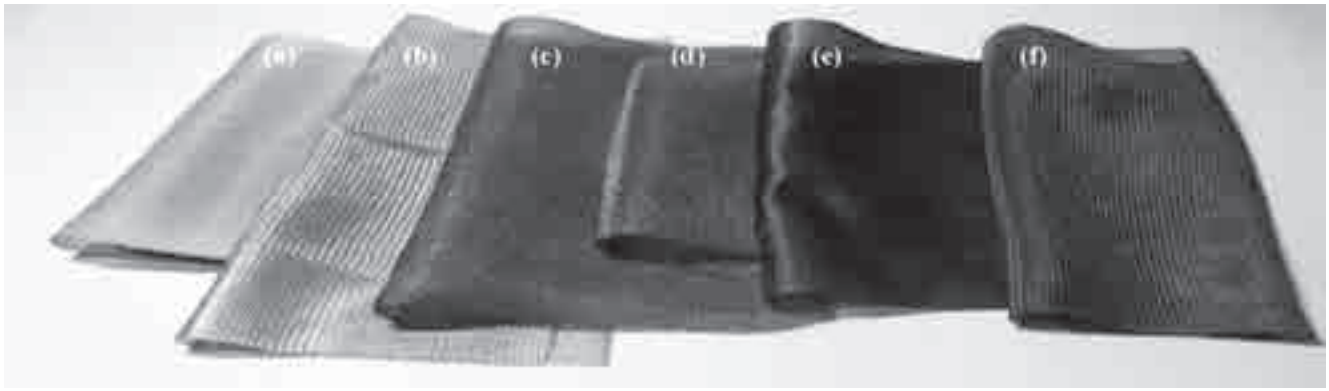
علت ایجاد ذرات سنتز شده با اندازه‌های نامنظم، توزیع ناهمگن و ایجاد دانه‌های درشت از ذرات نقره روی سطح الیاف به عوامل زیادی وابسته است. کنترل اندازه ذرات نقره از نانومتر تا میکرومتر به وسیله عوامل زیر قابل تنظیم است:

ذرات نقره کوچک‌تر (۲۰±۵۰ نانومتر)
– مخلوط کردن عامل پوشش دهنده تکمیلی با محلول نمک نقره (استفاده از روش یک حمامه)
– استفاده از محلول آمونیاک
– زمان دادن دقیق به محلول حاوی نقره
– هم زدن برای دستیابی به توزیع یکنواخت ذرات نقره در محلول

ذرات نقره بزرگ‌تر (۴۰±۱۶۰ نانومتر)
– زمان نقره اندود کردن بیشتر
– زمان ندادن به محلول حاوی نقره



شکل ٤، تصاویر SEM نخ فیلامنتی ممتد، پارچه کشباف تاری و پارچه جدا کننده نقره اندود شده با استفاده از روش‌های شیمیایی تر یک حمامه و دو حمامه؛ TEPA – تترا اتیلن پنتامین، CTS – کیتوسان، NAEAPTMS – N – (۲–آمینو اتیل)–۳–آمینو پروپیل تری متوکسی سیلان



شکل ۵، خصوصیات بصری پارچه‌های پلی‌استری عمل شده با روش‌های یک حمامه و دو حمامه: a) روش دو حمامه با کیتوسان (CTS)، b) روش یک حمامه با لوپامین (LA) بعد از ٤٨ ساعت زمان دادن به محلول، c) روش یک حمامه با لوپامین (LA) بعد از ۳۸٤ ساعت زمان دادن به محلول، d) روش یک حمامه با N -(۲-آمینو اتیل)-۳-آمینو پروپیل تری متوکسی سیلان (NAEAPTMS)، e) روش دو حمامه با N -(۲-آمینو اتیل)-۳-آمینو پروپیل تری متوکسی سیلان (NAEAPTMS) و f) روش دو حمامه با تترا اتیلن پنتامین (TEPA)

– هم نزدن محلول نقره اندود کردن
– تثبیت حرارتی کالای نقره اندود شده

٤-۳ ضخامت لایه

آنالیزهای تفصیلی دیگری در مورد تشکیل روکش یا رشد لایه نقره صورت گرفته است. با مخلوط کردن عامل پوشش دهنده با نمک نقره به وسیله محلول آمونیاک، لایه نقره یکنواخت تشکیل شده از ذرات نقره کوچک را می‌توان روی سطح الیاف ایجاد کرد. با تثبیت حرارتی لایه نقره، چسبندگی خوب و یک ضخامت یکنواخت از لایه نقره را می‌توان روی پلی‌استر به دست آورد. ضخامت لایه نقره با انجام یک سری تنظیمات قابل کنترل است، به عنوان مثال، ضخامت لایه نقره ایجاد شده روی پارچه‌های جدا کننده تهیه شده از مونوفیلامنت‌های پلی‌استر که توسط میکروسکوپ دوچشمی MicroSpy® FT از شرکت Fries Research & Technology GmbH (Bergisch Gladbach, Germany) تعیین شد بین ۳/۷ میکرومتر و ۴/۷ میکرومتر بود (شکل ۷).

٤-٤ خصوصیات فیزیکی کالا

٤-٤-۱ هدایت الکتریکی

نخ پلی‌استر خاصیت کشسانی دارد و نقره هدایت الکتریکی را فراهم می‌کند. نقره هدایت الکتریکی بسیار خوبی دارد. مزیت‌های نخ پلی‌استری نقره اندود شده نسبت به سیم‌ها، انعطاف‌پذیری، کشسانی زیاد و قابلیت تغییر شکل آن‌ها است. هدایت الکتریکی سطح الیاف پلی‌استر غیرهادی از طریق ایجاد لایه نقره کاملاً بسته روی سطح الیاف به دست آمده است. اگر ذرات نقره در مقیاس میکرو روی سطح الیاف حضور داشته باشد، باعث ایجاد فضای آزاد بین ذرات نقره شده که موجب کاهش هدایت الکتریکی می‌شود. ذرات نقره در مقیاس نانو نسبت به ذرات با مقیاس میکرو سطح الیاف را به طور کامل می‌پوشاند. این کار به وسیله نقره اندود کردن مجدد و در نتیجه ضخیم‌تر شدن لایه انجام می‌شود. مقاومت الکتریکی نخ‌های نقره اندود شده تولید شده با عوامل تکمیلی مختلف متفاوت است (شکل ۸). مقاومت الکتریکی نخ‌های متالیزه شده با افزایش طول اندازه‌گیری افزایش می‌یابد.

٤-٤-۲ تجزیه وزنی

درصد نقره تثبیت شده روی سطح الیاف پلی‌استر بعد از نقره اندود کردن با استفاده از ثقل‌سنجی تعیین شد که بین ٪۲/۵ و ٪۷ قرار داشت.

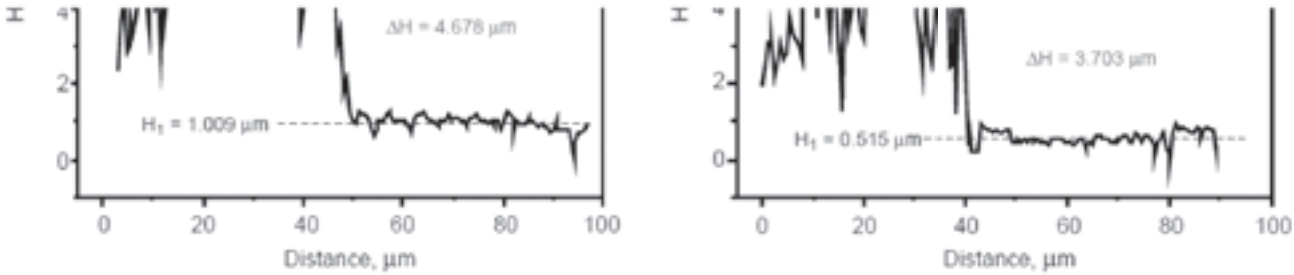
٤-۵ خصوصیات شیمیایی کالا

٤-۵-۱ خاصیت پوششی

سطح دیگری از آنالیزهای انجام شده روی کالای پلی‌استری نقره اندود شده آنالیز رفتارهای گرمایی و حرارتی مانند ثبات شستشویی است. برای تست کردن خاصیت پوششی، نمونه‌های عمل شده تحت ۲۰ سیکل شستشو قرار گرفتند. بعد از سیکل‌های شستشوی اول و دوم، هیچ کاهش وزن قابل توجهی

شکل ٦، تصاویر SEM (x۵۰۰۰۰) از ذرات با اندازه‌های مختلف روی پارچه‌های کشباف تاری پلی‌استر نقره اندود شده

شکل ۷. پروفیل ضخامت لایه روی مونوفیلامنت‌های پلی‌استر پارچه جدا کننده مجدداً نقره اندود شده؛ (**Monofilament 3**: روش یک حمامه با **TEPA** و **Monofilament 5**: روش دو حمامه با NAEAPTMS)



مشاهده نشد. برای اثبات چسبندگی ذرات نقره روی سطح الیاف، کالای نقره اندود شده به یک پارچه دیگر مانند پلی‌آمید یا پشم دوخته و سپس شسته شد. بعد از ۲۰ سیکل شستشو، پارچه مجاور هیچ ذره نقره‌ای را جذب نکرده بود و هیچ تغییر رنگی در کالای پلی‌استری دیده نشد. بنابراین اثبات شد که یک لایه نقره پایدار در برابر شستشو روی سطح الیاف پلی‌استری ایجاد شده است. عیوب لایه نقره و همچنین محل عبور نخ‌ها از روی یکدیگر بعد از چندین سیکل شستشو در زیر میکروسکوپ ارزیابی شد. هیچ شکست لایه یا ایجاد ترک در سطح الیاف مشاهده نشد. محل عبور نخ‌ها از روی یکدیگر به طور کامل با ذرات نقره پوشش داده شده بود.

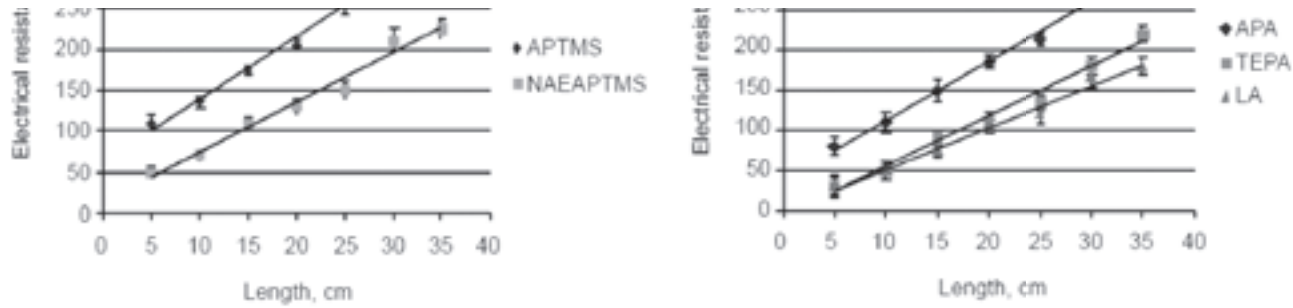
٤-٥-٢ شستشو

آنالیزهای تفصیلی رفتار شستشویی کالای نقره اندود شده تهیه شده از پلی‌استر از نظر کاربردی جالب توجه است. ماکزیمم غلظت نقره مجاز برای آب آشامیدنی بر اساس قوانین سازمان بهداشت جهانی ۱۰۰ میکروگرم بر لیتر و بر اساس آیین نامه آب آشامیدنی در آلمان ۸۰ میکروگرم بر لیتر اعلام شده است. آزادسازی یون نقره در آب (+Ag) از کالای نقره اندود شده تهیه شده از پلی‌استر در لایه‌های نقره ضخیم‌تر و کاملاً کاهیده شده ایجاد شده از ذرات کوچک‌تر و با توزیع یکنواخت و به خوبی تثبیت شده روی سطح الیاف کاهش می‌یابد. شکل ۹ آزادسازی یون نقره را در آب و بعد از ۵، ۱۵ و ۴۰ روز تحت تاثیر عامل پوششی استفاده شده نشان می‌دهد. آزادسازی یون نقره در آب با افزایش زمان به صورت خطی افزایش می‌یابد. در حین این کار، اثر عوامل خارجی دیگری مانند دمای سیال، سختی آب و غلظت کلر روی آزادسازی یون نقره در آب آنالیز شد. آب سبک با افزایش دمای سیال و غلظت کلر منجر به افزایش آزادسازی یون نقره در آب می‌شود.

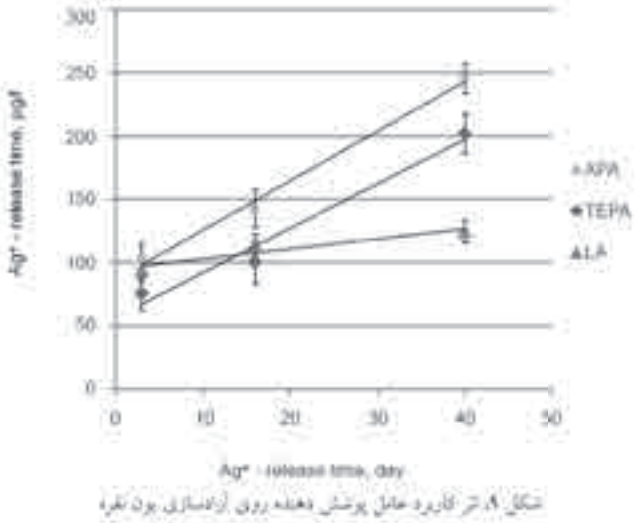
٤-٦ خصوصیات مکانیکی کالا

٤-٦-١ نیروی گسیختگی و ازدیاد طول در پارگی

مشخصات مکانیکی کالای نقره اندود شده و مجدداً نقره اندود شده مانند نیروی گسیختگی (BF) و ازدیاد طول در پارگی (BE) در ارتباط با تغییر در پارامترهای مختلف فرآیند مورد بررسی قرار گرفت. پیش عمل با قلیا موجب کاهش در نیروی گسیختگی و افزایش در ازدیاد طول در پارگی می‌شود (شکل۱۰). نقره اندود کردن برای مدت زمان بیشتر، غلظت بالای آمین و آمونیاک در محلول نقره اندود کردن و همچنین دمای بالای نقره اندود کردن و تثبیت حرارتی باعث کاهش کمی در استحکام کالا می‌شود.



شکل ۸. اثر آمینو سیلان‌ها (چپ) و آمین‌های آلیفاتیک (راست) روی مقاومت الکتریکی نسبت به طول. APTMS (۳-آمینو پروپیل تری متوکسی سیلان)، NAEAPTMS (N-(۲-آمینو اتیل)-۳-آمینو پروپیل تری متوکسی سیلان)، APA (Bis-(۳-آمینو پروپیل)-آمین)، TEPA (تترا اتیلن پنتامین) و LA (لوپامین ۹۰۹۵)



شکل ۹. اثر کاربرد عامل پوشش دهنده روی آزادسازی یون نقره

۵-نتیجه‌گیری

با انتخاب مواد شیمیایی مناسب و با ایجاد تغییر در پارامترهای فرآیند داخلی و خارجی برای نقره اندود کردن شیمیایی تر یک حمامه و دو حمامه، یک لایه نقره همگن و کامل و با توزیع یکنواخت ذرات نقره روی سطح الیاف پلی‌استر در شکل‌های نخ، پارچه کشباف تاری و پارچه جدا کننده به طور موفقیت آمیز و در مقیاس آزمایشگاهی تولید شد.

این دستاورد با شرایط زیر حاصل شد:

– زمان دادن دقیق، به محلول، حاوی نقره (حداقل ۲۴ ساعت)

– انتخاب محدوده pH خاص برای محلول نقره (روش مستقیم و غیر مستقیم)

– دماهای فرآیند نسبتاً پایین (۳۵±۲°C)

– به حداقل رساندن زمان عملیات (۱ ساعت)

– شرایط کاهش تعیین شده (دمای اتاق، محلول ٪۱۰ اسید آسکوربیک، ۲۰ دقیقه)

– تثبیت حرارتی بهینه (۲،۲۰۰°C دقیقه)

روش نقره اندود کردن شیمیایی تر می‌تواند به وسیله مخلوط کردن دو و یا تعداد بیشتر از محلول‌های مختلف برای ایجاد پارامترهای مختلف لایه (مانند اندازه ذرات و ضخامت لایه) به طور متغیر تنظیم شود.

کالای نقره اندود شده تهیه شده از پلی‌استر دارای خواص زیر است:

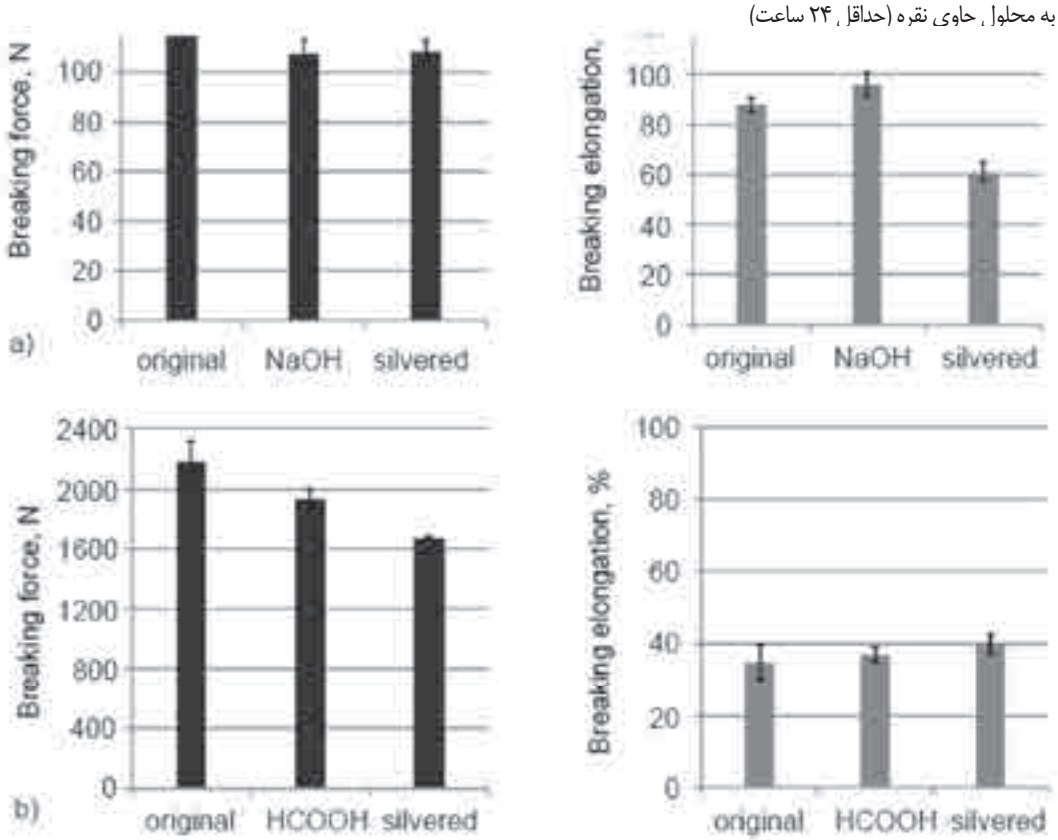
– لایه نقره مقاوم در برابر شستشو

– اثر ضد باکتری

– هدایت الکتریکی

کالای تهیه شده از پلی‌استر مجدداً نقره اندود شده زیردست سفتی را نشان نمی‌دهد. علاوه بر این قابلیت بکارگیری نخ‌های نقره اندود شده روی دستگاه بافندگی کشباف امکان‌پذیر است.

بر اساس نتایج آزمایشگاهی موفقیت آمیز برای متالیزه کردن نخ‌های تهیه شده از پلی‌استر و دیگر کالاها، توسعه روش‌های قابل کاربرد در صنعت که بتواند با تجهیزات موجود اجازه تولید منسوجات کاربردی با قیمت پایین را فراهم کند ضروری است.



شکل ۱۰. اثر فرآیندهای عملیات (فعال‌سازی سطحی و نقره اندود کردن) روی نیروی گسیختگی (چپ) و ازدیاد طول در پارگی (راست) در جهت تار پارچه‌های اصلی، پیش عمل شده و نقره اندود شده a) کشباف تاری و b) جدا کننده