نانو تکنولوژی

کندکنندگی شعله و محافظت در برابر UV پارچه پنبه‌ای با استفاده از نانو ZnO و اسیدهای پلی کربوکسیلیک

مترجم: عباس حاجی پور

این پژوهش عمدتاً به کندکنندگی شعله و محافظت در برابر UV برای پارچه‌های سلولزی با استفاده از نانو ذرات ZnO پرداخته است. تهیه و کاربرد نانو ذرات ZnO ارائه شده است. اندازه نانوذرات تهیه شده با استفاده از روش تفرق دینامیک نور (DLS) بررسی شد. بکارگیری نانو ZnO بر روی پارچه‌های سلولزی (پنبه ۱۰۰٪ و پنبه/ پنبه پلی‌استر ۶۵/۳۵٪) با استفاده از اسیدهای کربوکسیلیک مختلف (اسید سوکسینیک [SA] و ۴،۳،۲،۱-بوتان تترا کربوکسیلیک اسیدها [BTCA]) با سدیم هیپوفسفیت (SHP) به عنوان کاتالیست از طریق روش متداول pad-dry-cure بدست آورده شد. تاثیر غلظت SHP بر روی خواص فیزیکی، اشتعال‌پذیری و محافظت در برابر UV پارچه‌های دارای اتصال عرضی بررسی شد. تاثیر غلظت نانو ذرات اکسید روی و تاثیر دمای پخت نیز بررسی شدند. نتایج اهمیت SHP در افزایش کندکنندگی پارچه‌های سلولزی تکمیل شده را نشان داد.

مقدمه

اشتعال‌پذیری پارچه‌ها بین الیاف متفاوت می‌باشد و از بسیار اشتعال‌پذیر الیاف سلولزی تا ماهیت ذاتی کندکننده شعله الیاف شیمیایی دسته‌بندی می‌شود. عموماً گفته می‌شود، الیاف ساخته شده از الیاف طبیعی تکمیل نشده، از قبیل پنبه، کتان و ابریشم، به راحتی با سرعت زیاد می‌سوزند. علاوه بر الیاف، سرعت انتشار شعله پارچه‌ها نیز به دانسیته پارچه و ساختار بستگی دارد؛ پارچه‌ها سبک برای سریع آتش گرفتن بیشتر مستعد می‌باشند.

پارچه‌های مخلوط با گسترش شعله کم، کمتر اشتعال‌پذیر می‌باشند، بطوری‌که بیشتر الیاف شیمیایی از قبیل نایلون، اکریلیک، و پلی‌استر به اشتعال‌پذیری مقاوم می‌باشند. با این حال، به محض آتش گرفتن، پارچه‌های سنتزی ذوب می‌شوند و خطر آنها می‌تواند به دلیل سرعت بالای سوختن، همراه با ذوب شدن پارچه، افزایش یابد، که می‌توانند حتی سوختن جدی‌تری ناشی شود. خطر آتش مربوط به پارچه‌های مخلوط می‌باشد که می‌تواند از خطر پارچه‌های ساخته شده توسط تنها الیاف سنتزی یا تنها الیاف سلولزی کمتر باشد. کاهش اشتعال‌پذیری الیاف سلولزی یکی از چالش‌های اصلی پیش‌رو صنعت نساجی می‌باشد. پنبه، یکی از مهم‌ترین الیاف طبیعی، برای پوشاک به دلیل مشخصات عالی آن از قبیل بازگشت‌پذیری، زیست‌تخریب‌پذیری، خواص نرمی، راحتی، گرمی و جاذب رطوبت بودن به مقدار زیادی استفاده می‌شود. پنبه مورد استفاده در الیاف نساجی، اشتعال‌پذیری بالایی دارد. کاربرد محصولات کندکننده شعله بر روی پنبه، یکی از مسائل مهم نساجی بخصوص برای محافظت مصرف‌کننده در نیروی نظامی و صنایع هواپیمایی می‌باشد. برای مدت طولانی، ترکیبات فسفری از قبیل تترا کیشی دروکسی متیل فسفونات کلراید (THPC) و N- متیلول دی متیل فسفونو پروپیون آمید (MDPA) با نام‌های تجاری Pyrovatex CP یا Pyrova-tex CP New جهت بدست آوردن تکمیل‌های کندکننده شعله با دوام برای پنبه بسیار مفید بودند. آنها می‌توانند با الیاف واکنش دهند یا ساختارهای با اتصال جانبی بر روی الیاف تشکیل دهند. این ترکیبات واکنش پیرولیز را تحت تاثیر قرار می‌دهند و از تشکیل لووگلوکزان و مواد فرار اشتعال‌پذیر جلوگیری می‌کنند و تشکیل زغال را افزایش می‌دهند و به عنوان کندکننده شعله برای سلولز عمل می‌کنند. نشان داده شده است که مقدار محتوای فسفر بر روی سلولز تکمیل شده، یکی از فاکتورهای مهم در کارآیی کندکننده شعله می‌باشد. به عبارت دیگر، مقدار زیادی از کندکننده شعله منجر به تاثیر بیشتر در کاهش اشتعال‌پذیری لیف سلولزی می‌شود. سدیم هیپوفسفیت (SHP)، نمک بر پایه فسفر می‌باشد و کاتالیست شناخته شده برای اتصال جانبی سلولز با پلی کربوکسیلیک اسیدها می‌باشد.

Wu و Yang ترکیب کردن مالیک اسید (MA) و SHP در تکمیل کندکنندگی شعله پارچه پنبه‌ای بررسی کردند. Yang و Wu، کندکنندگی شعله پنبه را با استفاده از ترکیب ارگانو فسفر عامل‌دار شده با هیدروکسی آلکیل و BTCA، در حضور SHP به عنوان کاتالیست بررسی کردند. آنها نشان دادند که عوامل اسید پلی کربوکسیلیک به عنوان چسب بین الیگومر ارگانو فسفر و سلولز می‌باشند و عوامل تکمیل کندکننده شعله ترکیبات ارگانو فسفر را بر روی پارچه پنبه‌ای بوجود می‌آورند.

Cheng و Yang اشتعال‌پذیری پارچه خوابدار پنبه را با استفاده از الیگومرهایی اسید مالیک حاوی فسفر (PMAO) همراه با SHP به عنوان کاتالیست مطالعه کردند. آنها دریافتند که PMAO می‌تواند به پارچه خوابدار پنبه بوسیله استری کردن با سلولز پنبه در حضور SHP متصل شوند و اشتعال‌پذیری پارچه را کاهش دهد. با این حال،

استفاده از اسید کربوکسیلیک به عنوان عامل متصل‌کننده عرضی با SHP سبب تغییر رنگ پارچه‌های پنبه‌ای سفید در طول فرآیند پخت می‌شود. بنابراین، لازم است تا از زرد شدن جلوگیری کرد. با ورود نانو تکنولوژی، نانوذرات نیمه هادی به دلیل خواص نوری، الکتریکی و مکانیکی جدیدشان، بسیار مورد توجه قرار گرفتند. در میان نانوذرات نیمه هادی مختلف، ذرات اکسید روی نانو (ZnO)، به دلیل جذابیت آنها در مطالعه بنیادی و همچنین جنبه‌های مورد استفاده آنها از قبیل تبدیل انرژی خورشید، مقاومت، لومینسانس، فوتو کاتالیز، روکش‌دهی الکترواستاتیک، فیلم‌های محافظت‌کننده در برابر UV شفاف و سنسورهای شیمیایی، بسیار مورد مطالعه قرار گرفته است. یقیناً، انتخاب کاتالیست نقش مهمی در تحت تاثیر قرار دادن اتصال عوامل کندکننده شعله به پنبه بازی می‌کند. محققان نشان دادند که اکسید نانو روی (نانو ZnO) روکش شده بر روی پارچه‌های پنبه‌ای می‌تواند خواص عاملی از قبیل خواص مقاومتی بهتر، نفوذپذیری هوا و خاصیت جذب UV را ایجاد کند. اکسید روی (ZnO) به عنوان کاتالیست حتی می‌تواند به افزایش فعالیت کندکنندگی شعله نیز کمک کند. از اینرو، هدف اول این مقاله، بررسی عمل سدیم هیپوفسفیت به عنوان ماده تکمیل کندکننده شعله در حضور بوتان تتراکربوکسیلیک اسید، سوکسینیک اسید و نانو ZnO برای پارچه‌های پنبه و مخلوط پنبه/ پلی‌استر می‌باشد. سیستم تکمیلی پیشنهاد شده برای مواد نساجی با استفاده از تکنیک‌های تکمیلی متداول pad-dry-cure در دو دمای مختلف پخت بکار برده شد. هدف دوم این مطالعه، بهینه‌سازی شرایط مناسب برای مقاومت پارچه‌های پنبه سفیدگری شده و مخلوط پنبه/پلی‌استر در مقابل تست‌های چروک‌شدگی و مسدودکنندگی UV می‌باشد.

بخش تجربی

مواد

پارچه پنبه‌ای سفیدگری شده ۱۰۰٪ (۲۳۰ گرم بر متر مربع) و پارچه مخلوط پنبه/پلی‌استر ۶۵/۳۵ (۱۵۲ گرم بر متر مربع) از شرکت Misr تهیه شد.

مواد شیمیایی

۴،۳،۲،۱-بوتان تترا کربوکسیلیک اسید، سوکسینیک اسید و سدیم هیپوفسفیت از شرکت مواد شیمیایی Merck (آلمان) تهیه شدند. ایزوپروپانول، استات روی، هیدروکسید لیتیوم، کربنات سدیم از درجه آزمایشگاهی بودند.

تهیه نانو ZnO

روش آماده‌سازی استفاده شده در (Farouk et al., ۲۰۰۹) توضیح داده شده است و متفاوت از روش تهیه توضیح داده شده توسط Spanhel and Anderson (۱۹۹۱) می‌باشد. ارلن مایر تقطیر دو دهانه جهت سوسپانسیون کردن ۲/۸ گرم از ($ZnAc\ 2H_2O$) در ۱۰۰ میلی لیتر از ایزوپروپانول بوسیله گرمادهی رفلکس برای مدت ۳ ساعت استفاده شد. ۰/۷۵ گرم لیتیوم هیدروکسید در ۱۰۰ میلی لیتر ایزوپروپانول در دمای اتاق بوسیله همزن مغناطیسی حل شد. سوسپانسیون ZnAC تا دمای صفر درجه سانتیگراد قبل از آنکه محلول لیتیوم هیدروکسید به صورت قطره‌ای تحت هم زدن شدید اضافه شود، سرد شد. محلوط در حمام اولتراسونیک (SONOREX TK 52H) در دمای اتاق برای مدت ۲ ساعت عمل شد.

روکش‌دهی پارچه‌ها با استفاده از پلی‌کربوکسیلیک اسیدها (ایجاد اتصال جانبی پارچه‌ها)

محلول‌های آبی مختلف بوتان تترا کربوکسیلیک اسید و سوکسینیک اسید (۶٪ وزنی/حجمی) با غلظت‌های مختلف سدیم هیپوفسفیت (۴٪ و ۶٪ وزنی/حجمی) تهیه شدند. پارچه‌های پنبه سفیدگری شده و مخلوط پنبه/پلی‌استر در محلول تهیه شده قبلی در دو مرحله آغشته‌سازی و فشرده‌سازی و سپس فشرده شدند تا برداشت تر ۱۰۰٪ شود. پارچه‌های پد شده در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۳۰ دقیقه خشک شدند و سپس در دو دمای مختلف (۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتیگراد) برای مدت ۳ دقیقه پخت شدند.

روکش‌دهی پارچه‌های پنبه و پنبه/پلی‌استر با نانو ZnO

پارچه‌ها با استفاده از ذرات نانو اکسید روی بوسیله روش pad-dry-cure روکش داده شدند. دو محلول سوسپانسیون شده نانو ZnO ابتدا بوسیله حل کردن دو غلظت متفاوت از نانو ZnO تهیه شده قبلی در ایزوپروپانول (۰/۲۵ و ۰/۵ درصد وزنی/حجمی)تهیه شدند و برای مدت ۱۰ دقیقه سونیکیت شدند. پارچه های سفید گری شده و پارچه های خشک شده در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۵ دقیقه عمل شده با SA یا BTCA به محلول های سوسپانسیون شده نانو ZnO برای مدت ۱۰ دقیقه وارد شدند. پارچه ها در دو مرحله آغشته سازی و فشرده سازی، پد شدند و سپس برای برداشت تر ۱۰۰٪ فشرده شدند. پارچه های پد شده در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۱۰ دقیقه خشک شدند و سپس در دمای ۱۳۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۳ دقیقه پخت شدند. پارچه های پخت شده به صورت اولتراسونیک برای مدت ۱۰ دقیقه به منظور حذف نانو ذرات اکسید روی که به پارچه ها متصل نشده اندف شسته شدند.

بررسی ها و آنالیزها

بررسی نانو ZnO

اندازه نانو ZnO بوسیله روش تفرق دینامیک نور (DLS)، بوسیله Zeta-

sizer, Nano-S، تولید شده توسط Malvern، اندازه‌گیری شد.

میکروسکوپی الکترونی روبشی

SEM با استفاده از Scanning Electron Probe Microanalyzer (JXA-840A)، ژاپن، مطالعه شد. نمونه‌ها در شکل پارچه با استفاده از فیلم نازک از طلا بوسیله روش کاتدپرانی روکش شدند. تصاویر در بزرگنمایی ۲۰۰۰× با استفاده از (KV) شتاب‌دهنده ولتاژ گرفته شد.

سفیدی و زردی پارچه

شاخص سفیدی و زردی با استفاده از اسپکتروفتومتر Color-Eye 3100 ساخت SDL Inter، ارزیابی شدند.

زبری سطح

زبری سطح بر طبق استاندارد JIS 94، با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری زبری سطح SE 1700α ساخت ژاپن، بررسی شد.

زاویه بازگشت از چروک

روش استاندارد جهت ارزیابی زاویه بازگشت از چروک AATCC) WRA test method 66-1984) استفاده شد.

فاکتور محافظت در برابر UV

طیف UV-vis بر روی اسپکترومتر Perkin Elmer Lambda 3B UV-Vis ثبت شد. فاکتور محافظت در برابر فرابنفش (UPF) با استفاده از UV Shimadzu 3101 PC-Spectrophotometer اندازه‌گیری شد.

اشتعال‌پذیری عمودی

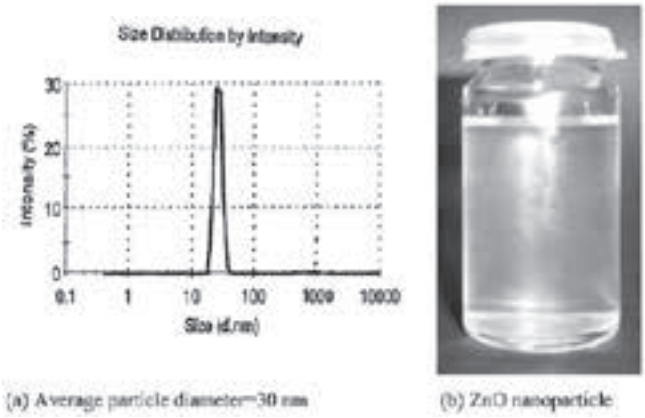
اشتعال‌پذیری پارچه‌های پنبه‌ای بر طبق روش استاندارد BS3119 اندازه‌گیری شد و طول زغالی نمونه‌ها بدست آورده شد.

بازده زغالی

اندازه‌گیری بازده زغالی، یکی از فاکتروهای مناسب جهت مطالعه تاثیر کندکننده شعله می‌باشد. بدین منظور، وزن هر نمونه قبل و بعد از سوختن اندازه گیری شد و بازده زغالی بر طبق رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{Char yield} = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \qquad (۱)$$

بطوری‌که W_1 و W_2 به ترتیب وزن نمونه قبل و بعد از سوختن می‌باشند.



شکل ۱. (a)ارزیابی های DLS نانوذرات ZnO و (b) تصویر نانوذرات ZnO ۲۴ ساعت پس از سنتز

نتایج و بحث

سنتز نانو ZnO به صورت اساسی توسط Spanhel and Anderson (1991) تشرح شده است، که منجر به تشکیل ذرات کلوئیدی ZnO با توزیع یکنواخت و اندازه متوسط ذره ۳۰ نانومتر شد که در شکل ۱a نشان داده شده است. سل‌های ZnO، رسوب قابل توجهی بعد از چند هفته نشان ندادند. تصویر نشان داده شده در شکل ۱b، سل مربوطه را پس از ۲۴ ساعت نشان می‌دهد که نشان‌دهنده پایداری محلول تهیه شده و نبود هر گونه رسوب می‌باشد.

خواص فیزیکی پارچه‌های پنبه و پنبه/پلی‌استر عمل شده تاثیر دما

خواص فیزیکی نمونه‌های عمل شده در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. جدول ۱ نشان می‌دهد که، در دمای پخت ۱۶۰ درجه سانتیگراد، مقادیر پارچه‌های تکمیل شده با غلظت‌های ثابت SA و BTCA، در ابتدا به تدریج افزایش می‌یابد، اما با اضافه کردن غلظت‌های مختلف SHP (۴wt% و ۶wt%)، مقدار CRA با افزایش غلظت‌های SHP (صرف‌نظر از نوع بستر استفاده شده) افزایش یافت. افزایش CRA به تاثیر عوامل اتصال جانبی بر روی پارچه‌های پنبه و پنبه/پلی‌استر مربوط می‌باشد. CRA مقادیر بیشتری در حالت استفاده از BTCA نسبت به استفاده از SA بدست می‌دهد. این مقدار بیشتر را می‌توان اینگونه توضیح داد که BTCA، یک گروه کربوکسیلیک بیشتر دارد که با کربن‌های مجاور در زنجیرهای مولکولی آنها متصل می‌شوند و هر دو قادر می‌باشند تا سلولز را بوسیله تشکیل اولین ماده واسط بی آب حلقوی ۵ تایی راکتیو، استری کنند. از طرف دیگر، اگرچه SA یک کربوکسیلیک اسید دو عاملی می‌باشد، اما این ماده نمی‌تواند ماده واسط بی‌آب دوم را برای استری شدن بیشتر تشکیل دهد تا اتصال جانبی بین مولکول‌های سلولز به محض استری شدن اولین گروه کربوکسیلیک تشکیل شود. نتایج جدول ۱ همچنین نشان می‌دهد که

نمونه‌های عمل شده با BTCA، مقادیر بیشتر زبری و زردی را نسبت به نمونه عمل شده با SA (صرف‌نظر از بستر استفاده شده) بدست می‌دهد، در حالی‌که نمونه‌های عمل شده با SA، سفیدی بیشتری نسبت به نمونه های عمل شده با BTCA حاصل می کند. این نتاج می توانند به اختلاف بین SA و با توجه به تعداد گروه های کربوکسیلیک، مربوط باشد.

افزایش بیشتر دمای پخت از ۱۶۰ درجه سانتیگراد تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد (جدول ۲)، منجر به افزایش کمی در مقادیر CRA، شاخص زردی، زبری و کاهش شاخص سفیدی نمونه‌های عمل شده بوسیله اسیدهای BTCA و SA می‌شود. این پدیده به دلیل دمای پخت بالاتر می‌باشد که برای تشکیل اتصالات جانبی استری بین زنجیرهای سلولزی و پلی‌کربوکسیلیک اسیدها مناسب می‌باشد. نتایج فوق نشان می‌دهد که پارچه پنبه‌ایی، مقادیر بیشتر زبری، شاخص زردی و سفیدی نسبت به پارچه پنبه/پلی‌استر بدست می‌دهد. از طرف دیگر، پارچه پنبه‌ای CRA کمتر از پارچه پنبه/پلی‌استر برای شرایط مشابه عملیات‌ها بدست می‌دهد. دلیل این امر احتمالاً بدلیل جزء پلی‌استر در پارچه مخلوط می‌باشد.

تاثیر غلظت نانو ZnO

جدول ۳ تاثیر غلظت نانو ZnO بر روی خواص فیزیکی پارچه‌های پنبه و پنبه/پلی استر متصل شده و متصل نشده را نشان می‌دهد. جدول ۳ نشان می‌دهد که افزایش غلظت نانو ZnO از ۰/۲۵ ٪ تا ٪۰/۵

جدول۱. تاثیر دمای پخت (۱۶۰ درجه سانتیگراد) بر روی ویژگی‌های فیزیکی پارچه‌های پنبه‌ای عمل‌شده و پنبه/پلی‌استر

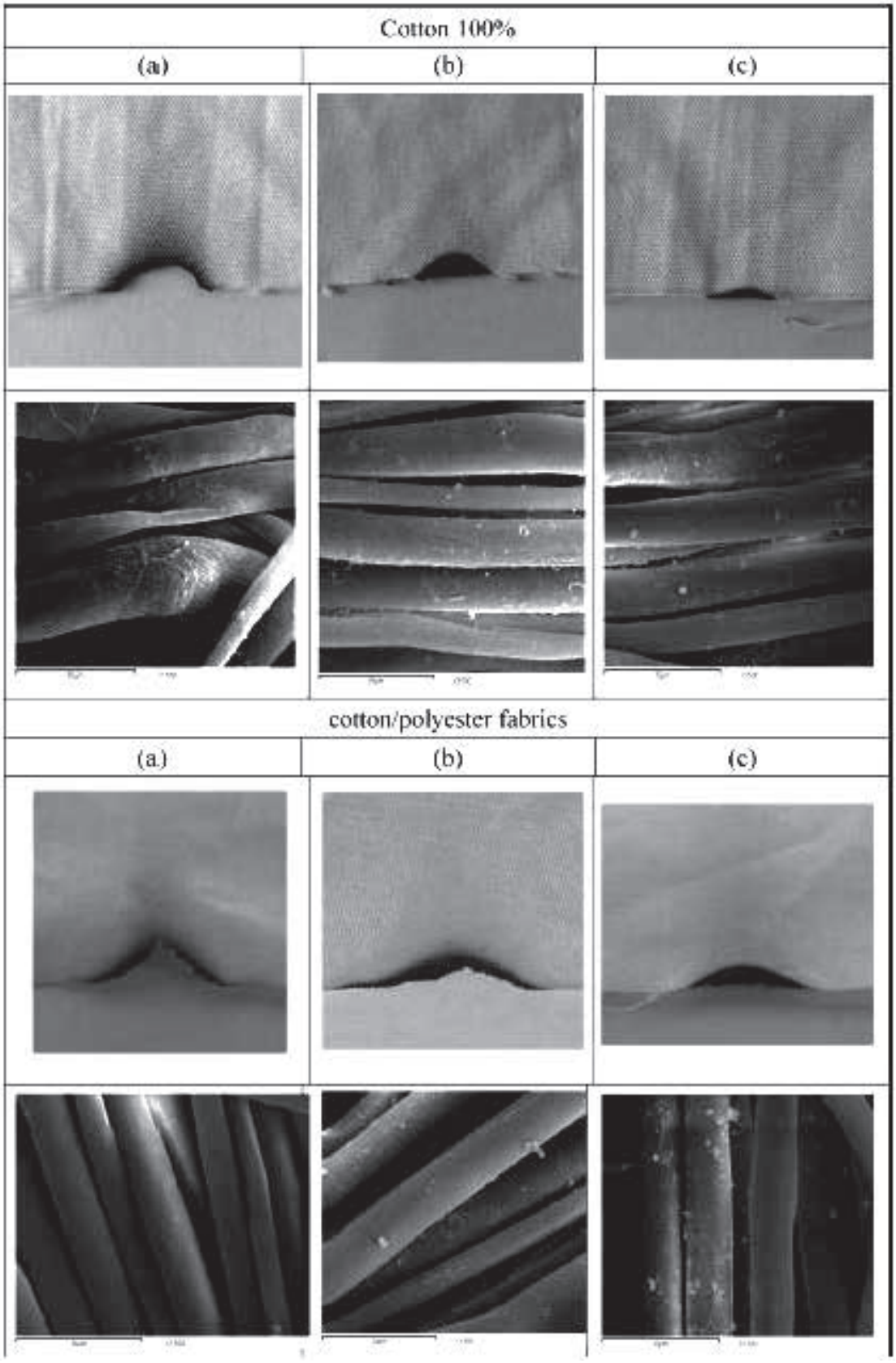
Substrate		Roughness	Whiteness index	Yellowness index	CRA (W+F)°
Untreated	Cotton	17.56	73.30	2.78	180°
	CO/PET	15.83	68.23	1.75	210°
Treated with 6% SA	Cotton	18.29	63.90	6.15	198°
	CO/PET	16.13	61.79	2.76	217°
Treated with 6% SA, 4% SHP	Cotton	19.5	71.56	3.53	200°
	CO/PET	17.28	69.72	1.53	228°
Treated with 6% SA, 6% SHP	Cotton	19.97	70.92	3.60	222°
	CO/PET	17.95	69.33	1.46	232°
Treated with 6% BT	Cotton	19.42	64.01	6.06	207°
	CO/PET	16.32	59.14	4.90	223°
Treated with 6% BT, 4% SHP	Cotton	20.05	68.61	4.37	236°
	CO/PET	17.76	63.62	3.20	245°
Treated with 6% BT, 6% SHP	Cotton	21.26	69.26	4.19	248°
	CO/PET	18.17	66.62	2.09	255°

جدول۲. تاثیر دمای پخت (۱۸۰ درجه سانتیگراد) بر روی خواص فیزیکی پارچه‌های پنبه‌ای عمل‌شده و پنبه/پلی‌استر

Substrate		Roughness	Whiteness index	Yellowness index	CRA (W+F)°
Untreated bleached	Cotton	17.56	73.30	2.78	180°
	CO/PET	15.83	68.23	1.75	210°
Treated with 6% SA	Cotton	18.43	54.67	7.31	199°
	CO/PET	17.58	61.20	3.38	219°
Treated with 6% SA, 4% SHP	Cotton	19.60	65.07	5.10	209°
	CO/PET	18.44	68.27	1.75	229°
Treated with 6% SA, 6% SHP	Cotton	20.30	66.79	4.82	226°
	CO/PET	19.22	69.11	2.34	238°
Treated with 6% BT	Cotton	18.60	63.57	4.49	212°
	CO/PET	16.57	61.60	3.44	228°
Treated with 6% BT, 4% SHP	Cotton	14.99	68.13	4.40	240°
	CO/PET	20.20	66.02	2.43	249°
Treated with 6% BT, 6% SHP	Cotton	16.95	65.34	5.34	250°
	CO/PET	13.00	68.08	1.69	256°

جدول۳. تاثیر غلظت نانوذرات اکسید روی بر روی ویژگی‌های فیزیکی پنبه با اتصال جانبی و پارچه‌های پنبه/پلی‌استر عمل‌شده.

Substrate		Roughness	Whiteness index	Yellowness index	CRA (W+F)°
Untreated	Cotton	17.56	73.30	2.78	180°
	CO/PET	15.83	68.23	1.75	210°
Treated with 0.25%(W/V) ZnO	Cotton	18.06	67.58	5.10	202°
	CO/PET	16.38	65.76	3.11	220°
Treated with 0.25%(W/V) ZnO, 6% SA, 6% SHP	Cotton	18.62	71.21	3.61	226°
	CO/PET	17.02	68.67	1.73	236°
Treated with 0.25%(W/V) ZnO 6% BT, 6% SHP	Cotton	20.08	69.16	4.27	247°
	CO/PET	18.23	71.05	3.66	255°
Treated with 0. 5%(W/V) ZnO	Cotton	18.70	66.17	5.35	207°
	CO/PET	16.71	68.67	2.03	223°
Treated with 0.5%(W/V) ZnO, 6% SA, 6% SHP	Cotton	19.03	72.06	3.41	225°
	CO/PET	17.42	67.76	1.89	235°
Treated with 0.5%(W/V) ZnO, 6% BT, 6% SHP	Cotton	20.42	70.53	3.77	245°
	CO/PET	19.38	68.79	1.55	253°



شکل۲. تصاویر آزمایش شعله عمودی و همچنین تصاویر SEM پارچه‌های پنبه و پنبه/پلی‌استر پوشش داده نشده و پوشش داده شده (a)پارچه‌های پنبه‌ای و پنبه پلی‌استر شاهد، (b) پارچه‌های عمل‌شده با ۰/۲۵٪ SHP(W/V) ٦٪ ZnO، ٦٪ و (c) پارچه‌های عمل شده با ۰/۵ ٪ BT ٦٪ ZnO (W/V)، ٦٪ SHP

جدول٤. تاثیر دمای پخت بر روی اشتعال‌پذیری پس از ۲ بار شستشوی پارچه‌های پنبه‌ای و پنبه/پلی‌استر عمل شده با پلی کربوکسیلیک اسیدها.

Substrate		Flammability			
		160 °C		180 °C	
		Chair length (cm)	Chair yield (%)	Chair length (cm)	Chair yield (%)
Untreated bleached	Cotton	2	78.44	2	79
	CO/PET	2.5	70	2.5	71
Treated with 6% SA	Cotton	1.80	78.48	1.80	79.3
	CO/PET	2.3	70	2.3	71
Treated with 6% SA, 4% SHP	Cotton	0.90	82	0.74	83
	CO/PET	1.56	74	1.30	75
Treated with 6% SA, 6% SHP	Cotton	0.77	85	0.43	85
	CO/PET	1.15	78	0.99	79
Treated with 6% BT	Cotton	1.67	80	1.67	80
	CO/PET	2.35	71	2.31	72
Treated with 6% BT, 4% SHP	Cotton	0.8	86	0.75	87
	CO/PET	1.10	77	1.18	77
Treated with 6% BT, 6% SHP	Cotton	0.60	90	0.44	91
	CO/PET	0.77	80	0.85	80

(وزنی/حجمی)، برای پارچه‌های بدون اتصال عرضی (با اسیدهای کربوکسیلیک) منجر به افزایش کم مقادیر زبری و کاهش کم شاخص سفیدی می‌شود. که صرف‌نظر از نوع بستر استفاده شده مشاهده می‌شود.

این پدیده می‌تواند به دلیل رسوب نانوذرات ZnO بر روی پارچه‌های پنبه و پنبه/پلی‌استر عمل نشده باشد. از طرف دیگر، زمانی‌که پارچه به اسیدهای کربوکسیلیک متصل می‌شود (BTCA و SA) و سپس با نانو ZnO عمل می‌شود، تمام مشخصات فیزیکی مورد مطالعه تغییر می‌کنند. به صورت جزئی، افزایش غلظت نانو ZnO از ٪۰/۲۵ تا ٪۰/۵ برای غلظت مشابه پلی‌کربوکسیلیک اسید و کاتالیست استفاده شده، سبب افزایش در مقادیر زبری (صرف‌نظر از نوع پارچه استفاده شده) می‌شود، که این می‌تواند به رسوب بیشتر ذرات نانو ZnO بر روی سطح یا اتصالات جانبی بیشتر مربوط باشد. همچنین جدول ۳ کاهش کم مقادیر CRA و شاخص زردی (افزایش شاخص سفید) پارچه‌های عمل شده با غلظت ثابت BTCA، SA و SHP را نشان می‌دهد. این کاهش می‌تواند به تجمع نانو ذرات ZnO بر روی سطح پارچه‌ها و یا جلوگیری از عمل اتصال مربوط باشد.

جدول۵. تاثیر غلظت نانوذرات اکسید بر روی اشتعال‌پذیری پارچه‌های پنبه‌ای و پنبه/پلی‌استر عمل شده با پلی کربوکسیلیک اسیدها.

Substrate		Flammability	
		Chair length (cm)	Chair yield (%)
Untreated	Cotton	2	78.44
	CO/PET	2.5	70
Treated with 0.25%(W/V) ZnO	Cotton	1.0	75
	CO/PET	1.4	73
Treated with 0.25%(W/V) ZnO, 6% SA, 6% SHP	Cotton	0.22	93
	CO/PET	0.35	85
Treated with 0.25%(W/V) ZnO 6% BT, 6% SHP	Cotton	0.05	97
	CO/PET	0.31	88
Treated with 0. 5%(W/V) ZnO	Cotton	0.95	75
	CO/PET	1.3	73
Treated with 0.5%(W/V) ZnO, 6% SA, 6% SHP	Cotton	0.25	94
	CO/PET	0.30	85
Treated with 0.5%(W/V) ZnO, 6% BT, 6% SHP	Cotton	0.02	98
	CO/PET	0.30	88

جدول٦. تاثیر غلظت نانوذرات اکسید روی بر محافظت در برابر UV پارچه های پنبه ای عمل شده با پلی کربوکسیلیک اسیدها.

Substrate		UPF value	UV protection	
Untreated	Cotton	21	20	Good
	CO/PET	18	15	Good
Treated with 0.25%(W/V) ZnO	Cotton	35	35	Very good
	CO/PET	31	30	Very good
Treated with 0.25%(W/V) ZnO, 6% SA, 6% SHP	Cotton	37	35	Very good
	CO/PET	35	35	Very good
Treated with 0.25%(W/V) ZnO 6% BT, 6% SHP	Cotton	45	45	Excellent
	CO/PET	38	35	Very good
Treated with 0. 5%(W/V) ZnO	Cotton	40	40	Excellent
	CO/PET	36	35	Very good
Treated with 0.5%(W/V) ZnO, 6% SA, 6% SHP	Cotton	55	50+	Excellent
	CO/PET	51	50+	Excellent
Treated with 0.5%(W/V) ZnO, 6% BT, 6% SHP	Cotton	60	50+	Excellent
	CO/PET	57	50+	Excellent

اشتعال پذیری پارچه های پنبه و پنبه/پلی استر

تاثیر دمای پخت بر روی اشتعال پذیری پارچه های پنبه و پنبه/پلی استر عمل شده با پلی کربوکسیلیک اسیدها

جدول ۴ تاثیر دمای پخت بر روی طول زغال و بازده زغالی پارچه های پنبه و پنبه/پلی استر تکنیل شده با اسیدهای BTCA و SA را نشان می دهد. نتایج جدول ۴ نشان می دهد که عملیات های انجام شده، اشتعال پذیری نمونه های عمل شده را کاهش داده اند. به عبارت دیگر، در دمای پخت مشابه ۱۶۰ درجه سانتیگراد و غلظت مشابه اسیدهای استفاده شده، طول زغال به مقدار کمی کاهش یافت و بازده زغالی نیز به مقدار غیر قابل توجهی افزایش یافت. اما در حضور ۴-۶٪ SHP، به عنوان کاتالیستف منجر به کاهش بیشتر در طول زغالی و افزایش بیشتر بازده زغالی شد. این نتایج تاثیر فسفر رسوب داده شده از SHP را تائید می کند. ظاهرا هر دو اسید SA و BTCA در کاهش اشتعال پذیری پارچه های عمل شده در حضور SHP موثر می باشند، اما BTCA بیشتر از اسید SA در کاهش اشتعال پذیری موثر می باشد.

طول زغال نمونه ها آزمایش اشتعال پذیری عمودی اندازه گیری شد و در جدول ۴ گزارش شده است. از جدول ۴ می تواند مشاهده کرد که افزایش دمای پخت از ۱۶۰ درجه سانتیگراد تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد پارچه های پنبه و پنبه/پلی استر عمل شده، سبب افزایش کم طول زغالی و بازده زغالی شده است. همچنین اختلافات در رفتار سوختن و طول زغالی در آزمایش شعله عمودی برای نمونه عمل نشده در مقایسه با پارچه های عمل شده در شکل ۲ (a-c) نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که، عملیات انجام شدت اشتعال پذیری نمونه ها را کاهش داده است. می توان نتیجه گرفت که افزایش غلظت نانو ZnO، BTCA و SHP منجر به کاهش اشتعال پذیری پارچه (نتایج نمونه‌های b و c را مشاهده کنید) می شود (جدول ۵). همچنین جالب است اشاره شود که سطح زغالی شده نمونه های عمل شده با SHP بسیار یکنواخت می باشد، که سطح پارچه روکش داده به صورت یکنواخت ترکیب فسفر را نشان می دهد.

فاکتورهای محافظت در برابر UV پارچه های عمل شده پنبه و پنبه/پلی استر

جهت بررسی دوام عملیات ها، تست شستشویی انجام شد. تمام نمونه ها تحت دو سیکل شستشو (۴۰ درجه سانتیگراد، ۲۰ دقیقه، ماده شوینده ۱ گرم بر لیتر) قبل از آنکه انتقال UV بررسی شود، قرار داده شدند. نتایج مربوط به پارچه های سلولزی انتخاب شده در جدول ۶ آورده شده است که تغییر در مشخصات جذبی نمونه های عمل شده که به صورت مقدار UPF گفته می شود در مقایسه با پارچه های عمل نشده را نشان می دهد. به دلیل زنجیر اصلی آروماتیک، لیف پلی استر عمل نشده باید مقادیر مشخصی از پرتو UV را جذب کند. با این حال، با توجه به جدول می توان مشاهده کرد که مخلوط با پنبه و همچنین پارچه پنبه ای عمل نشده، تنها محافظت خوب در برابر UV را حاصل می کنند. نتایج ارائه شده در جدول ۶، افزایش قابلیت محافظت در برابر UV با عمل کردن اسیدهای پلی کربوکسیلیک بر روی هر دو پارچه عمل شده پنبه و پنبه/پلی استر را نشان می دهد. تمام پارچه های پنبه ای و همچنین بیشتر پارچه های پنبه/پلی استر، محافظت عالی در برابر UV را حاصل می کنند. عمل کردن با BTCA سبب محافظت در برابر UV بیشتر برای هر دو پارچه عمل شده می شود.

بررسی SEM

SEM، تغییرات در مورفولوژی پارچه های عمل شده را در مقایسه با پارچه های عمل نشده را بررسی کرد. تصاویر SEM مبروطه در شکل ۲ نشان داده شده است. به روشنی می توان مشاهده کرد که سطح پارچه های عمل نشده، بصورت مقایسه ای زبر می باشد، اما سطح پارچه های عمل شده صاف تر می باشد، زیرا روکش ها به صورت مشهودی سبب صاف شدن سطح لیف می شوند، اما با افزایش غلظت نانو ذرات در لایه روکش، برخی تجمعات بر روی سطح پارچه در حالت پنبه و مخلوط پنبه/پلی استر مشاهده می شود که در شکل ۲c نشان داده شده است.

نتیجه گیری

SA و BTCA ترکیبات دوست دار محیط زیست می باشند که جهت تکمیل پارچه های سلولزی بکار گرفته شد. در این پژوهش، تاثیر دو عامل کربوکسیلیک اسید (SA و BTCA) همراه با SHP به عنوان کاتالیست و نانو ZnO به عنوان کند کننده شعله جدید برای پارچه های پنبه/پنبه پلی استر بررسی شد. برخی آنالیزها از قبیل طول زغالی، بازده زغالی، محافظت در برابر SEM، UV و DLS، و همچنین خواص فیزیکی پارچه های عمل شده پنبه و پنبه/پلی استر متصل شده عرضی به منظور بررسی خاصیت کند کنندگی شعله نمونه های عمل شده، بررسی شدند. نانو ZnO یک ترکیب موثر در افزایش تشکیل زغال می باشد. همچنین، وجود فسفر رسوب داده شده بر روی نمونه های عمل شده با SHP، یک پارامتر بسیار موثر در تشکیل زغال و کاهش اشتعال پذیری پارچه های عمل شده می باشد. تاثیر افزایش دمای پخت و غلظت نانو ZnO نیز بررسی شد. در مجموع، عملیات انجام شده به تشکیل بیشتر باقیمانده زغالی غیر قابل اشتعال کمک می کند و تشکیل زغال پس از حرارت دهی و همچنین بهبود خاصیت محافظت در برابر UV را افزایش می دهد. افزایش تشکیل زغال پارچه پس از دو بار شستشو اندازه گیری شد.