Archive of SID

مجله علمی پژوهشی علوم و تکنولوژی نساجی
سال پنجم ، شماره دوم ، بهار و تابستان ۸۹
رسید: زمستان ۸۹، پذیرش: بهار ۹۰

تاثیر نانوذرات TiO_2 بر روی رفتار بازگشت از چروک پارچه‌های پنبه‌ای بااستفاده از پلی‌کربوکسیلیک‌اسیدها

متین میلادی[۱] ، رامین خواجوی*[۲]

چکیده

امروزه کاربرد برخی نانو ذرات در صنعت نساجی رشد چشمگیری داشته است. یکی از این نانو ذرات دی اکسید تیتانیم است که معمولاً جهت ایجاد خصویات خود تمیز شوندگی برای منسوجات بکار می رود. هدف از این تحقیق، بررسی تاثیر نانو ذرات تیتانیوم بر روی رفتار بازگشت از چروک منسوجات پنبه ای عمل شده با پلی کربوکسیلیک اسیدها می باشد. به همین منظور نمونه های پارچه با نانو ذرات TiO2 و کربوکسیلیک اسید بصورت جداگانه و همزمان با روش Pad-Dry عمل شده و با میکروسکوپ الکترونی پویشی و دستگاههای آزمون کننده بازگشت از چروک مورد ارزیابی قرار گرفتند . نتایج نشان داد که کاربرد همزمان پلی کربوکسیلیک اسید و نانو ذرات TiO_2رفتار بازگشت از چروک نمونه های پنبه ای را در مقایسه با استفاده از هر یک از این مواد به تنهایی بهبود می بخشد.

کلمات کلیدی:نانو ذرات TiO_2، پارچه پنبه ای، تکمیل ضد چروک، پلی کربوکسیلیک اسید، بوتان تترا کربوکسیلیک اسید، سوسینیک اسید، سیتریک اسید.

Abstract

The applications of some Nanoparticles are developed extensively in textile industry nowadays. Nanoparticles of TiO_2 are one of the particles applied for implying self-cleaning properties on textiles. In this study, it was aimed to investigate the effects of TiO_2nanoparticles on crease behavior of cotton fabric especially cross linked cotton fabrics with Polycarboxylic acids. Samples were treated with nano particles of TiO_2 and Polycarboxylic acids separately or concurrently by pad/dry/cure method. Samples were characterized by scanning electron microscopy “SEM” and wrinkle recovery tester. Results showed that applying TiO_2 and a Polycarboxylic acid at the same time will increase the performance of durable press finish on cotton fabrics in compare with each of them individually.

Keywords: Nano particles of TiO_2, Cotton fabric, Durable press finish, Polycarboxylic Acids, Butane Tetra Carboxylic Acid, Succinic Acid, Citric Acid.

۱. دانش آموخته مقطع کارشناس ارشد، گروه مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب ، تهران، ایران.
۲*. گروه مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران. مسئول مکاتبات : Khajavi@azad.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

پنبه ترکیبی از سلولز که یک پلی ساکارید است می باشد . زنجیره های سلولز بوسیله پیوند های هیدروژنی سر جای خود نگه داشته می شوند. در اثر اعمال یک نیروی زیاد روی الیاف زنجیره های سلولزی بر روی یکدیگر سر می خورند. پیوند های هیدروژنی موجود بین زنجیره های سلولز در مقابل این سر خوردن مقاومت می کنند. اما به هر حال هنگامیکه سر خوردن اتفاق می افتد، پیوند های هیدروژنی در مکان جدید ایجاد می شوند که تمایل به نگهداری الیاف در حالت چروک و خمیدگی دارند[۱].

ترکیبات دارای فرمالدئید اگر چه تاثیر خوبی روی فرایند ضد چروک دارند اما بعلت رهایش فرمالدئید که سمی و مضر است امروزه کاربرد چندانی ندارند. تاکنون مطالعات زیادی در جهت رفع مشکل چروک پذیری کالای پنبه ای بوسیله پلی کربوکسیلیک اسید ها بخصوص بوتان تترا کربوکسیلیک اسید (BTCA) بعنوان عوامل جدید ایجاد کننده پیوند عرضی صورت گرفته است. همچنین تحقیقات دیگری در خصوص استفاده از ترکیبات فاقد فرمالدئید جهت تکمیل مقاومت در برابر چروک پارچه پنبه ای بوسیله کربوکسیلیک اسید ها همراه با ترکیبات نانو مانند تیتانیوم دیوکسید انجام شده است[۱۱- ۱].

پایداری ابعادی و مقاومت در برابر چروک پارچه های پنبه ای با پیوند های عرضی و شبکه ای شدن در اثر استفاده از پلی کربوکسیلیک اسید ها که با گروه های هیدروکسیل سلولز واکنش می دهند و یک ساختار شبکه ای ایجاد می کنند افزایش پیدا می کند[۲].

امروزه استفاده از موادی با ساختار نانو با اندازه ۱ تا ۱۰۰ نانو متر برای توسعه و تولید منسوجاتی با کارایی مورد نظر و افزایش خصوصیات بالقوه آن گسترش پیدا کرده است. نانوذرات بخوبی به لایه منسوج متصل می شوند و در نتیجه موجب افزایش پایداری منسوج در صورت اعمال یک نیروی زیاد روی آن می شوند[۳].

در پژوهشی با استفاده از نانو TiO_2به عنوان یک کوکاتالیست مقاومت در برابر چروک پارچه پنبه ای را بهبود بخشیده اند. در این روش نانو TiO_2 بعنوان یک کوکاتالیست با هیپوفسفیت سدیم در تکمیل ضد چروک پنبه با(BTCA)بکار رفته است. نتایج آزمایش نشان داده که بازگشت از چروک پارچه پنبه ای بهبود پیدا کرده و از تاثیر نا مطلوب سدیم هیپوفسفیت با کاستن مقدار کاتالیزور کاسته شده است[۲].

همچنین در تحقیق دیگری تکمیل مقاومت در برابر چروک پارچه پنبه ای با BTCA تحت تاثیر کوکاتالیست انجام شده است. پارچه های عمل شده با دی میتلول دی هیدروکسی اتیلن اوره (DMDHEu) که مستعد رهایش فرمالدئید هستند، گزارش شده است. غلظت های بالای فرمالدئید سبب ایجاد سرطان در جانوران

www.SID.ir

Archive of SID

می شود. مسمومیت ناشی از DMDHEu باعث شده که دسته پلی کربوکسیلیک اسید به عنوان عامل کراس لینک کننده فاقد فرمالدئید برای رفتار مقاومت در برابر چروک معرفی و مطرح گردند[۴].

در میان یافته های مختلف ۱، ۲، ۳، ۴ بوتان تتراکربوکسیلیک اسید (BTCA)، هنگامی که با کاتالیزور سدیم هیپو فسفیت (SHP) همراه باشد یک واکنش گر مطلوب است. تأثیر و ویژگی های Tio_2یا نانو Tio_2در سیستم تکمیل مقاومت در برابر چروک با BTCA که مانند کوکاتالیست عمل می کند در این مطالعه بررسی شده است. مورفولوژی سطحی و ساختار مولکولی نمونه های پنبه ای با یکدیگر و همچنین مقاومت در برابر چروک، حفاظت نور مرئی، زردی، خصوصیات کششی و پارگی ارزیابی شده است. و نتایج حاکی از بهبود بازگشت از چروک پارچه می باشد[۴].

همچنین در تحقیق دیگری نیزروش جدیدی برای دست یافتن به پارچه پنبه ای با خصوصیات چندگانه انجام شده است که طی این روش خصوصیاتی مانند ضد چروک، خود تمیز شوندگی، حفاظت در برابر نور مرئی و خصوصیات ضد باکتری روی پارچه ایجاد شده، در بخشی از این تحقیق از ترکیب سیتریک اسید (CA) و سدیم هیپوفسفیت (SHP) همراه با نانو Tio_2استفاده شده است. محققین متوجه شدند که نانو TiO_2تأثیر مناسبی روی بازگشت از چروک پارچه پنبه ای دارد[۳].

امکان استفاده از بوتان تتراکربوکسیلیک اسید به همراه کاتالیزور نوری نانوتیتانیم دی اکسید، برای تکمیل هم زمان ضد چروک و ضد میکروب شدن کالای پنبه ای سفیدگری و کاتیونی شده با ترکیب ۳- کلرو ۲- هیدروکسی پروپیل تری متیل آمونیوم کلرید (Quat-188) در پژوهشی دیگر مورد بررسی قرار گرفته است. ترکیب بوتان تتراکربوکسیلیک اسید به عنوان عامل شبکه ساز استفاده شده که می تواند با عامل کاتیونی (Quat-188) پیوند یونی و با زنجیرهای سلولز پیوند استری ایجاد کند. برای این منظور، مقادیر مختلف غلظت نانوتیتانیم دیوکسید و بوتان تتراکربوکسیلیک اسید استفاده شد تا نسبت بهینه غلظت نانوتیتانیم دی اکسید به بوتان تتراکربوکسیلیک اسید برای حصول ویژگی ضد چروک و ضد میکروبی به دست آید. نتایج نشان می دهند که با انتخاب غلظت مناسب از نانوتیتانیم دی اکسید و بوتان تتراکربوکسیلیک اسید، می توان به بازگشت از چروک و فعالیت ضد میکروبی (بیش از ۹۹٪) روی کالای پنبه سفید و کاتیونی شده دست یافت[۵]. همچنین در تحقیقاتی بر روی پارچه های فاستونی مشخص گردید که استفاده از نانو دی اکسید تیتانیوم باعث بهبود رفتار بازگشت از چروک این پارچه ها گردیده و نانو دی اکسید تیتانیوم به عنوان یک اسید لوئیس در این خصوص ایفای نقش نموده است[۱۲].

www.SID.ir

Archive of SID

در این مقاله از پلی کربوکسیلیک اسیدهایی مانند سیتریک اسید، بوتان تتراکربوکسیلیک اسید و سوکسینیک اسید و نانو ذراتTiO_2جهت تکمیل بازگشت از چروک پارچه پنبه ای استفاده گردید. در طی روش ها و مراحلی که توضیح داده خواهد شد این مواد بر روی پارچه صد در صد پنبه ای بکار گرفته شدند. سپس اثر هر یک از این مواد بر خصوصیت بازگشت از چروک نمونه ها بررسی گردید.

۲. مواد و آزمایشات

۱،۲. مواد

پارچه صد در صد پنبه ای خام که مشخصات آن در جدول ۱ ارائه شده است، از کارخانه نساجی مازندران تهیه گردید.

جدول ۱. مشخصات پارچه پنبه ای

جنس پارچه	نوع بافت	نمره نخ تار (Ne)	نمره نخ پود (Ne)	تراکم تاری (Threads/Cm)	تراکم پودی (Threads/Cm)	ضخامت (mm)	وزن gr/m^2
پنبه	تافته	۲۰	۳۰	۲۵	۲۰	۰/۸۳	۱۳۶

نانو ذرات TiO_2با میانگین اندازه ذرات ۲۱ نانو متراز شرکتDegussa آلمان، بوتان تترا کربوکسیلیک اسید (BTCA) و سوکسینیک اسید (Su) از شرکت Merck، سیتریک اسید (CA) از شرکت Ajax Chemicals، سدیم هیپوفسفیت (SHP) از شرکت Flukaوآنزیم آمیلاز از شرکت Novozymes تهیه شد.

۲،۲. دستگاه ها

دستگاه فولارد و دستگاه استنترآزمایشگاهی به ترتیب جهت پد و خشک کردن نمونه ها از شرکت نساج صنعت، دستگاه Wrinkle Recoveryمدل M 272 از شرکت شرلی انگلستان برای ارزیابی رفتار بازگشت از چروک پارچه ومیکروسکوپ الکترونی(SEM) مدل XL30 ساخت شرکت فیلیپس هلند جهت ارزیابی مورفولوژی ساختاری پارچه استفاده گردید .

۳،۲. روش ها و آزمایش ها

۱،۳،۲. آماده سازی پارچه

عملیات آهارگیری برروی پارچه بوسیله ۲۰ درصد وزنی آنزیم آمیلاز 5g/l در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۶۰ دقیقه در حمامی با نسبت حجمی ۳۰:۱ با PH۵/۵-۴/۵ انجام شد. عملیات پخت پارچه در حمامی حاویg/l ۱۰ هیدروکسید سدیم ۱۰درصد وزنی و g/l۱درجنت ۲۰درصد وزنی با نسبت حجمی ۵۰:۱ در دمای جوش به مدت۴۰ دقیقه انجام شد.

www.SID.ir

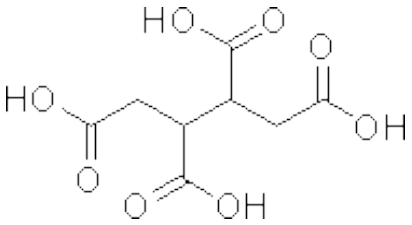
Archive of SID

۲،۳،۲. تکمیل با پلی کربوکسیلیک اسید ها و نانو ذرات TiO_2

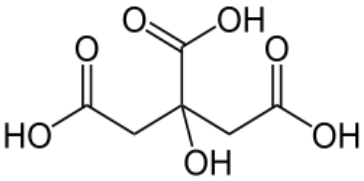
درصدهای مورد استفاده مواد جهت پد کردن پارچه ها با توجه به ساختار مولکولی اسیدها و همچنین با توجه به تحقیقات انجام شده تعیین گردید[۴،۳]. درصد اسیدهای بکار رفته (اسید سیتریک، سوکسینیک اسید، بوتان تترا کربوکسیلیک اسید) طوری تعیین گردید تا تعداد گروه های کربوکسیلیک در مقادیر مورد استفاده برای تمام اسیدها یکسان باشد. شکل وساختار مولکولی اسیدها در شکل ۱ و درصد اسیدهای مصرفی در جدول ۲نشان داده شده است. همچنین درصد TiO_2مصرفی ۲٪ نسبت به وزن پارچه و همراه با کربوکسیلیک اسیدها ۱٪ نسبت به وزن پارچه می باشد.

جدول ۲. درصد اسید مصرفی

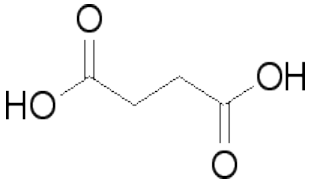
نوع اسید	درصد اسید (wt/wt %)	درصدSHP (wt/wt%)
CA	۹	۶
SU	۱۲	۸
BTCA	۶	۶



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۱. (الف) بوتان تترا کربوکسیلیک اسید BTCA، (ب) سیتریک اسید (CA)، (ج)سوکسینیک اسید SU

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه ها با یازده فرمولاسیون پد مختلف مطابق جدول ۳ تکمیل شدند. کلیه درصد ها نسبت به وزن نمونه ذکر گردیده است. برای بکار بردن مواد بصورت توالی، نمونه ها در دو حمام جداگانه در دو مرحله پد شده اند. مثلا نمونه E ابتدا در حمامی حاوی CA و SHP پد شده سپس خشک گردیده و در مرحله بعد در حمامی حاوی نانو TiO_2پد شده و خشک شدند.

جدول ۳. حمام های پد مختلف

شماره نمونه	کد نمونه	CA (wt/wt %)	SU (wt/wt %)	BTCA (wt/wt %)	SHP (wt/wt %)	TiO_2 (wt/wt %)
۱	A	۹	–	–	۶	–
۲	B	–	۱۲	–	۸	–
۳	C	–	–	۶	۶	–
۴	D	–	–	–	–	۲
۵	E	۹	–	–	۶	۱
۶	F	–	۱۲	–	۸	۱
۷	G	–	–	۶	۶	۱
۸	H	۹	–	–	۶	۱
۹	I	–	۱۲	–	۸	۱
۱۰	J	–	–	۶	۶	۱
۱۱	K	–	–	–	–	–

نمونه ها برای هر حالت در حمامی به حجم cc ۲۵۰به مدت۳۰ دقیقه قرار گرفته و پس از آغشته سازی، از غلتک های فولارد با برداشت ۷۰ درصد عبور داده شدند. سپس در دمای °C ۸۵ بمدت ۵ دقیقه خشک و در °C۱۵۰ به مدت ۲دقیقه تثبیت شدند. در نهایت نمونه های تکمیل شده بوسیله آب مقطر شستشو داده شدند.

۳،۳،۲. آزمون بازگشت از چروک پارچه

آزمون بازگشت از چروک نمونه ها طبق استاندارد AATCC 128 با استفاده از دستگاه بازگشت از چروک (Wrinkle Recovery Tester) ساخت شرکت شرلی انگلستان انجام شد. این دستگاه در شکل۲ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲. دستگاه تست بازگشت از چروک و نمونه های استاندارد(Replica)[۱۳]

جهت انجام این تست نمونه های تکمیل شده به ابعاد ۱۵ cm×۲۹ cm بریده و پس از اتو شدن و قرار گرفتن در شرایط محیط به مدت ۲۴ ساعت، بصورت پوسته استوانه ای در بین دو فک دستگاه که فک بالا متحرک و فک پایین ثابت است قرار گرفته و تحت وزنه ۳/۵ kg بمدت ۲۰ دقیقه تحت بار قرار گرفتند. پس از بیست و چهار ساعت با نمونه های استاندارد(Replica)مقایسه و درجه بازگشت از چروک ثبت شد.

۳. نتایج و مباحث

۱،۳. بررسی تصاویر میکروسکوپی

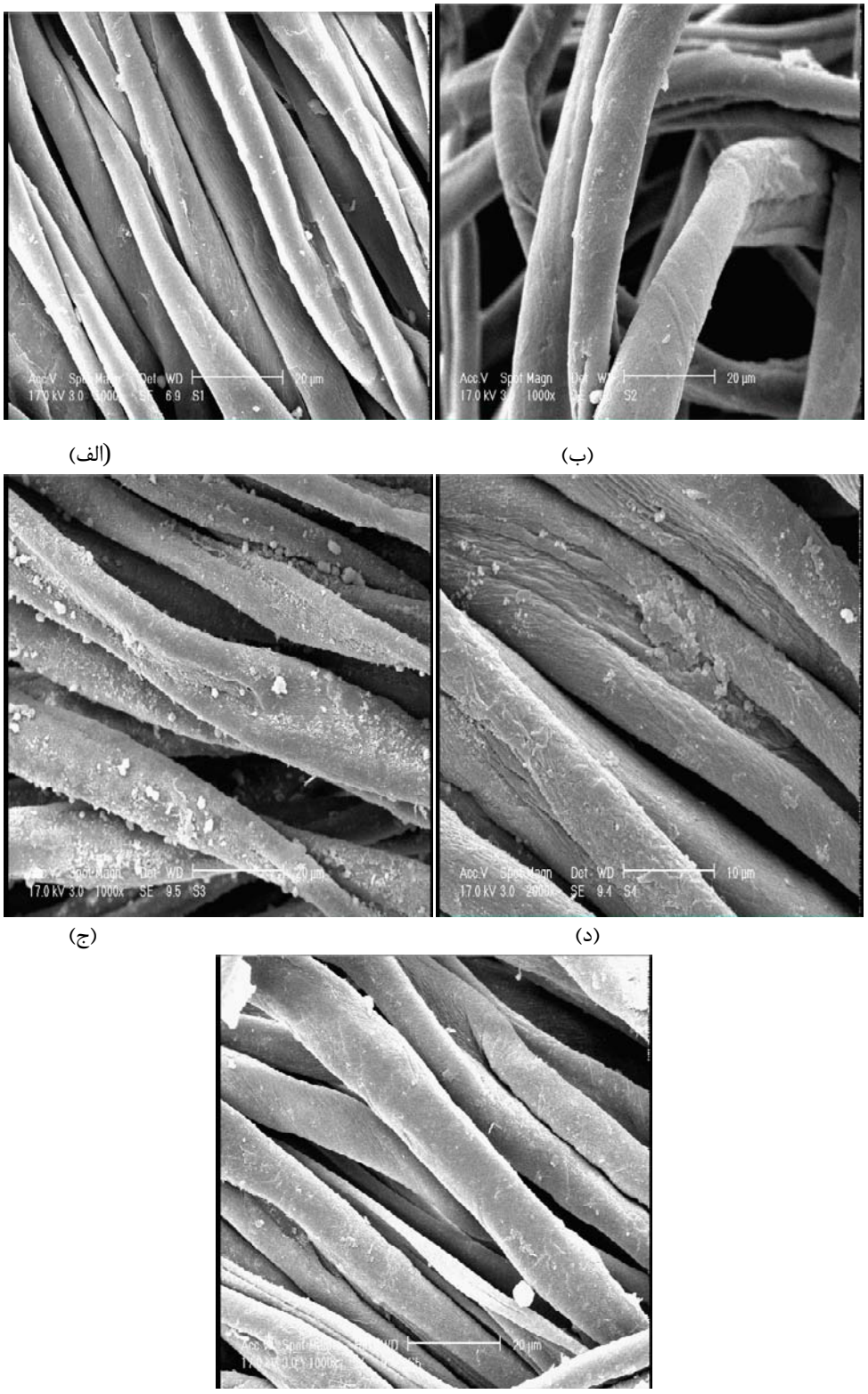
تصاویر SEM نشان داد که نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم و همچنین سیتریک اسید بخوبی روی پارچه قرار گرفته اند.

شکل۳ تصاویر میکروسکوپ الکترونیکی SEM برای حالت های مختلف استفاده از نانو دی اکسید تیتانیوم و سیتریک اسید را نشان می دهد.

در تصاویر جذب نانو ذرات TiO_2و اسید سیتریک در بین الیاف مشخص است.

www.SID.ir

Archive of SID



(الف) (ب)

(ج) (د)

(و)

شکل ۳. تصاویر SEM :(الف) نمونه عمل نشده، (ب) نمونه عمل شده باCA، (ج) نمونه عمل شده با TiO_2، (د)نمونه عمل شده ابتدا با CA بعد با TiO، (و) نمونه عمل شده ابتدا با TiO_2 سپس با CA

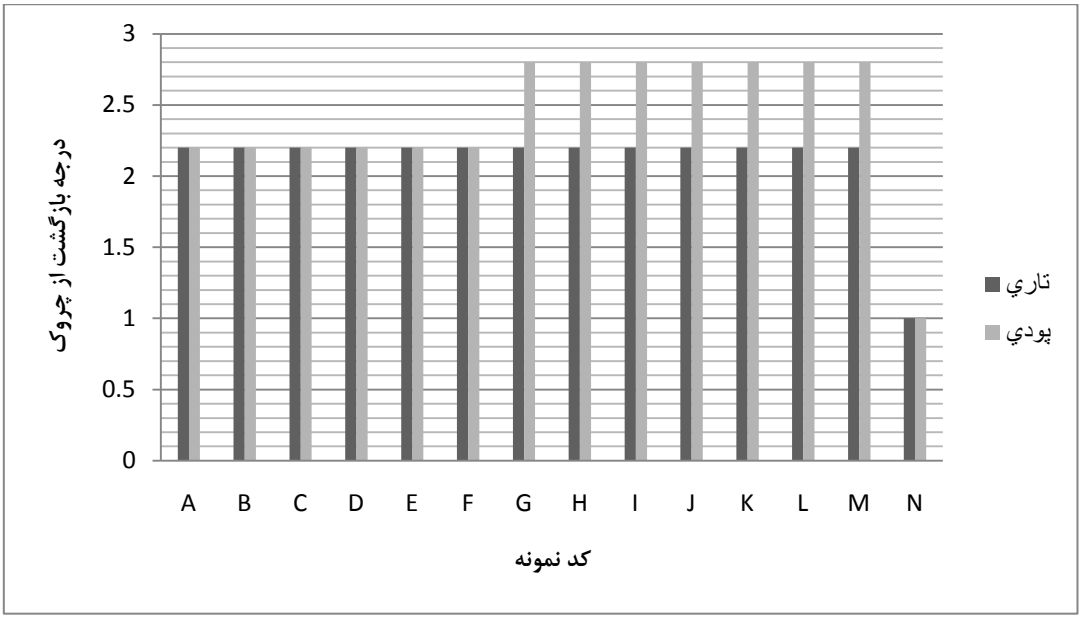
www.SID.ir

Archive of SID

۲،۳. بررسی نتایج بازگشت از چروک

نتایج بازگشت از چروک نمونه ها در شکل ۴ نشان داده شده است. بررسی این نتایج نشان داد که بازگشت از چروک نمونه های تکمیل شده بوسیله پلی کربوکسیلیک اسید ها در مقایسه با نمونه عمل نشده بهبود یافته است. که این نشان دهنده اثر مطلوب پلی کربوکسیلیک اسیدها برروی بازگشت از چروک نمونه ها است.

علت این امر ایجاد پیوند عرضی بین زنجیره های سلولزی بوسیلهء پلی کربوکسیلیک اسیدها است .این اسید ها دارای گروه های کربوکسیل فعال هستند که قادرند با گروه های هیدروکسیل سلولز پیوند استری برقرار کنند. پیوند های عرضی ایجاد شده از شکسته شدن پیوند های هیدروژنی بین زنجیره ها هنگام اعمال نیرو و یا جذب رطوبت جلوگیری می کنند. در نتیجه پیوند های هیدروژنی سر جای خود محکم باقی می مانند که این امر باعث جلوگیری از تغییر شکل وچروک پارچه می شود.



شکل ۴. نمودار بازگشت از چروک نمونه ها در جهت تار و پود

نمونه عمل شده با نانو TiO_2بازگشت از چروک بهتری نسبت به نمونه عمل نشده دارد. علت آن را می توان به اتصال گروه های هیدروکسیل سلولز با نانو ذرات TiO_2و برقراری اتصال الکترواستاتیک بین آنها مربوط دانست. نانو ذرات TiO_2 در مناطق آمورف سلولز قرار می گیرند و این سبب کاهش درجه آزادی حرکت زنجیره های آمورف می شود و باعث می شود در هنگام اعمال نیرو پیوندها سر جای خود باقی بمانند و در نهایت بازگشت

www.SID.ir

Archive of SID

از چروک نمونه بهبود پیدا کند.

بررسی ها نشان می دهد نمونه هایی که ابتدا با کربوکسیلیک اسید و سپس با نانوTiO_2 عمل شده، نسبت به نمونه عمل نشده بازگشت از چروک بهتری دارد. در بین سه نمونه ای که با این توالی عمل شده اند (نمونه E,F,G)، نمونه G بازگشت از چروک بهتری را نشان می دهد. علت آن می تواند قدرت بیشتر بوتان تترا کربوکسیلیک اسید نسبت به دو اسید دیگر باشد. کربوکسیلیک اسید ها باعث شبکه ای شدن سلولز می شوند. کربوکسیلیک اسید تمامی گروه های هیدروکسیل زنجیر سلولزی را اشغال نمی کند. باحضور یافتن ذرات نانو گروه های باقی مانده بوسیله این ذرات اشغال می شوند و همچنین کربوکسیلیک اسیدها از یک سو با سلولز و از سوی دیگر با نانو ذرات TiO_2 پیوند برقرار می کنند. ودر نتیجه شبکه ای شدن سلولز را افزایش می دهد.

همچنین هنگامی که نمونه ها ابتدا با نانو ذرات TiO_2 و سپس با کربوکسیلیک اسید عمل می شوند(نمونه های H, I, J)، باز هم شاهد بهبود بازگشت از چروک نمونه ها می باشیم. هنگامی که TiO_2 ابتدا روی پارچه قرار می گیرد حضور آن روی زنجیره های سلولزی باعث افزایش دانسیته بار هیدروژن گروه هیدروکسیل سلولز شده و برقراری اتصال گروه های هیدروکسیل سلولز با کربوکسیل اسید را افزایش می دهد.

مقایسه دو توالی ذکر شده (ابتدا اسید سپس نانو و بالعکس) با هم تفاوت آشکاری را روی درجه بازگشت از چروک نشان نمی دهد. اما در تمامی این نمونه ها بین نمونه های تاری و پودی تفاوت وجود دارد و همانطور که در نمودار مشخص است بازگشت از چروک پارچه ها در جهت پود بهتر است. علت این امر ممکن است به میزان جذب بیشتر ماده در نمونه های پودی مربوط باشد.

۴. نتیجه گیری

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم برروی رفتار بازگشت از چروک پارچه پنبه ای و تاثیر آن همراه با پلی کربوکسیلیک اسیدها بوده است. نتایج نشان داد که بکار بردن کربوکسیلیک اسیدها اثر خوبی برروی بازگشت از چروک پارچه دارد. همچنین بکار بردن نانو ذرات تیتانیو دی اکسید به تنهایی نیز نتیجه خوبی بر بازگشت از چروک پارچه پنبه ای دارد. همچنین بکار بردن نانو TiO_2و پلی کربوکسیلیک اسید بایکدیگر و بصورت توالی های مختلف تأثیر بهتری نسبت به دو روش قبل (کاربرد هر یک از دو ماده به تنهایی) دارد. که علت آن به نقش کربوکسیلیک اسیدها بعنوان ایجاد کننده پیوند عرضی بین زنجیره های سلولزی وشبکه ای شدن سلولز و اثر کوکاتالیستی نانو ذرات TiO_2مربوط می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

۵. منابع

[1] C.W.Myuen, S.K.A.KU, C.W.Kan, Y.F.Cheny, P.S.R.Bchoi., surface Review and letters., pp.571-575., 2007.

[2] O.Sauperl., K.Stana Kleinschek., Textile Research Journal.,Vol.**80(4)**., pp.383-392., 2010.

[3] N.A.Ibrahim, R.Refaie., A. F. Ahmed., Journal of industrial Textiles., Vol.**00**., pp.1-19., 2010.

[4] Y.L.Lam, C.W.Kan, C.W.M.Yuen., Textile Research Journal., Vol.**0(00)**., pp.1-12., 2010.

[5] A.Nazari, M.Montazer, M.K.Rahimi., Journal of Polymer Science and Technology., pp.41-51., 1388.

[6] W.D.Schindler, P.J.Hauser., Chemical Finishing of Textile., pp. 51-73., 2004.

[7] Yun, C.Q.Yang ., Textile Research Journal., pp.685-690., 1999.

[8] A.Nazari, M.Montazer, A.Rashidi, M.Yazdanshenas, M.B.Moghadam., Journal of Applied Polymer Science., Vol.**117**., Issue 5., pp.2740–2748., 2010.

[9] Roshanpaul, L.Bautista, M.Dela Varga, J.Mariabotet, Eudaldcasals, V.Puntes, Feliumarsal., Textile Research Journal., Vol.**80(5)**., pp.454-462., 2010.

[10] I.S.Kang, C.Q.Yang, W.Wei, G.C.Lickfield., Textile Research Journal., Vol.**68(11)**., pp.865-870., 1998.

[11] C.Q Yang,W.Wei, G.C.Lickfield., Textile Research Journal., Vol.**70(2)**., pp.143-147., 2000.

[12]N.TavassoliVandishi, F.Mojtahed, E.Hezavehi., Journal of Textile Science and Technology.,Vol.**5**.No.1, pp.113-120., 2009.

[13] AATCC Test Method 128., In AATCC Technical Manual., Vol.**69**., pp.217-218., 1994.

www.SID.ir