

## بررسی رفتار بازگشت از چروک پارچه-های مخلوط پنبه / پلی-استر با استفاده از

### NanoTiO<sub>2</sub> و ۱و۲و۳و۴- بوتان تترا کربوکسیلیک اسید

آرین آزاد\*

دانش آموخته مقطع کارشناس ارشد، گروه مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد،

عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، یزد، ایران

محمد شهوازیان

گروه مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، یزد، ایران

عماد الدین هزاوه ای

گروه مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران

رسید: ۱۳۹۲/۰۱/۲۱، پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۰۱

## چکیده

در این تحقیق با استفاده از یک پلی کربوکسیلیک اسید به نام BTCA (۱ و ۲ و ۳ و ۴- بوتان تترا کربوکسیلیک اسید) به همراه کاتالیزور SHP (هیپوفسفیت سدیم) و نانو دی اکسید تیتانیوم به روش pad-dry، رفتار بازگشت از چروک و نیروی پیچشی پارچه‌های مخلوط پنبه / پلی‌استر (۶۵/۳۵) مورد بررسی قرار گرفت. به همین منظور تأثیر BTCA و Nano Tio<sub>2</sub> به تنهایی و به صورت ترکیبی و ترتیبی بر روی نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های عمل شده با میکروسکوپ الکترونی SEM و همچنین دستگاه نیروی پیچشی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که استفاده از Nano Tio<sub>2</sub> و BTCA به صورت ترتیبی و ترکیبی رفتار بازگشت از چروک و نیروی پیچشی را در مقایسه با استفاده از هر یک از مواد به تنهایی بهبود می‌بخشد.

کلمات کلیدی: پارچه پنبه، پلی استر و بازگشت از چروک و نیروی پیچشی.

\*مسئول مکاتبات: Emali: aryanazad24@yahoo.com

مجله علمی پژوهشی فناوری نساجی



## ۱. مقدمه

یکی از کاربردهای جدید استفاده از نانو فتوکاتالیست تیتانیوم، بهبود خواص بازگشت از چروک منسوجات است که توسط محققان مورد مطالعه قرار گرفته است.

تلاش‌هایی که تاکنون جهت بهبود خصوصیات بازگشت از چروک کالاهای سلولزی انجام گرفته، استفاده از ترکیبات فرمالدئید، ترکیبات فاقد فرمالدئید و امروزه ترکیبات نانو است. ترکیبات فرمالدئید گرچه تأثیر خوبی روی فرآیند ضد چروک دارند اما به علت رهایش فرمالدئید که سمی و مضر است امروزه کاربرد چندانی ندارد.

در ابتدا مشتقات اوره - فرمالدهید به عنوان شبکه‌ای کننده‌های ضد چروک، به صورت وسیعی استفاده می‌شدند. یک مول از اوره با دو مول از فرمالدهید، برای تشکیل یک مول دی متیول اوره (DMU) با هم واکنش می‌دهند. گروه‌های متیلول با گروه هیدروکسیل زنجیره‌های سلولز در حضور کاتالیزور و دمای مناسب واکنش داده و شبکه‌ای می‌شوند. [۱]

این عملیات شبکه‌ای شدن، باعث بازگشت از چروک عالی پارچه می‌گردد. این مواد شیمیایی مصرفی، ارزان با کارایی بالایی می‌باشند. از محدودیت‌های این روش تکمیل، استفاده مخلوط مواد برای یک بار عمل تکمیل است. با توجه به خود شبکه‌ای شدن ماده تکمیلی، پارچه حاصل، پس از عملیات سخت و خشک شده و فرمالدهید آزاد می‌شود. [۲-۴]

ملامین و فرمالدهید برای تشکیل مشتق ملامین - فرمالدهید (MF) واکنش می‌دهند. یک مول از ملامین (۲ و ۴ و ۶ - تری آمینو - ۱ و ۳ و ۵ - تری آزین) با سه مول از فرمالدهید برای تولید یک مول از تری متیلول ملامین (TMM) واکنش می‌دهند.

پارچه عمل شده باتری متوکسی متیلول ملامین سخت‌تر می‌شود و فرمالدهید آزاد می‌کند و مقاومت کمی در برابر کلر دارد و با توجه به تشکیل هیدروکلریک اسید، منجر به تخریب پارچه می‌شود. [۵ و ۶]

مشتقات اوره - متیلول حلقوی تنها با سلولز واکنش داده و شبکه‌ای می‌شوند و با مولکول‌های خود برای تشکیل لایه سخت، واکنش نمی‌دهند. مهمترین شبکه‌ای کننده‌های این گروه، دی متیلول اتیلن اوره (DMEU)، دی متیلول پروپیلن اوره (DMPU) و دی متیلول دی هیدروکسی اتیلن اوره (DMDHEU) هستند. [۷]

این تکمیل، طول عمر انباری بیشتر و حمام پد آن نسبت به DMU و TMM مدت زمان بیشتری پایدار است این مواد فرمالدهید کمتری آزاد می‌کنند، اما باعث زردی پارچه می‌شوند. [۸ و ۹ و ۱۰]

مواد تکمیلی ضد چروک با ویژگی رهایش فرمالدهید، سرطان‌زا هستند. بنابراین تکمیل ضد چروک بدون فرمالدهید یا با فرمالدهید کم، به صورت وسیعی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته‌اند. DMDHU آلکیل‌دار رهایش فرمالدهید کمتری دارد. [۱۱]

تکمیل‌های مورد استفاده بر پایه N- متیلول در ایجاد ویژگی مقاومت پارچه در برابر چروک، بسیار موفق بوده‌اند. در این فرآیندهای تکمیل از نمک‌های اسید لوئیس مانند کلرید منیزیم و نیترات روی به منظور ایجاد شرایط اسیدی در حمام استفاده می‌شود. این امر سبب تخریب زیاد زنجیره‌های پلیمری می‌شود. در نتیجه استحکام پارچه کاهش می‌یابد. [۱۲]

از زمان تشخیص احتمال سرطان‌زا بودن فرمالدهید در سال ۱۹۸۷، تلاش‌های فراوانی برای یافتن ترکیبات عاری از فرمالدهید ایجادکننده اتوی دائم برای پارچه‌های پنبه‌ای انجام شده، تا این ترکیبات جایگزین دی متیلول دی هیدروکسی اتیلن اوره (DMDHEU) و مشتقات متداول آن شوند. از میان ترکیبات جدیدی که توسعه پیدا کرده‌اند پلی کربوکسیلیک اسیدها امیدوارکننده‌ترین ترکیبات اتوی دائم عاری از فرمالدهید هستند. [۱۳]

۱، ۲، ۳ و ۴ - بوتان تتراکربوکسیلیک اسید (BTCA) پیوندهای عرضی موثری برای سلولز پنبه فراهم می‌کند و درجه بالایی از مقاومت در برابر چروک را به پارچه‌های پنبه‌ای می‌دهد. [۱۳]

ترکیبات حاوی دو یا تعداد بیشتری گروه کربوکسیل را پلی کربوکسیلیک اسید گویند. این ترکیبات با گروه‌های

هیدروکسیل زنجیرهای سلولزی استری شده و می‌توانند در پنبه اتصالات عرضی ایجاد کنند. [۱۴]

تحقیقات نشان دادند که پلی کربوکسیلیک اسیدها قادر به ایجاد مقاومت در برابر چروک و جمع شدگی در پارچه‌های پنبه، ویسکوزیون و چتائی هستند. سیتریک اسید به عنوان موثرترین ترکیب معرفی شد، با این حال سیتریک اسید نسبت به سایر پلی کربوکسیلیک اسیدها، تغییر رنگ بیشتری در فرآیند پخت حرارتی ایجاد می‌کند. سیتریک اسید قادر است تا مقاومت مناسبی در برابر چروک ایجاد کند ولی سبب کاهش شدید استحکام می‌شود. [۱۴]

۱، ۲، ۳، ۴- بوتان تتراکربوکسیلیک اسید (BTCA) به عنوان ماده شبکه‌ای کننده در تکمیل‌های استفاده می‌شود. این ترکیب تشکیل انیدرید میدهد، که با گروه‌های هیدروکسیل سلولزی در حضور کاتالیزور هیپوفسفیت سدیم تک آب (SHP) واکنش میدهد. [۱۵]

هدف از این مقاله استفاده از ۱، ۲، ۳ و ۴- بوتان تتراکربوکسیلیک اسید و نانو دی اکسید تیتانیوم جهت بهبود رفتار بازگشت از چروک پارچه‌های مخلوط پنبه / پلی‌استر می‌باشد.

## ۲. مواد و آزمایشات

### ۲-۱- مواد

پارچه پنبه / پلی‌استر تار پودی ۶۵٪ پلی‌استر و ۳۵٪ پنبه با بافت تافته که از کارخانه یزدباف تهیه گردید. سایر مشخصات نمونه پارچه تهیه شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات پارچه پنبه / پلی‌استر استفاده شده

وزن $g/m^2$	تراکم پودی /cm	تراکم تار /cm	نمره نخ پود (Ne)	نمره نخ تار (Ne)	نوع پارچه
۲۶۰	۲۸	۳۴	۲۶	۳۰	پنبه / پلی‌استر

موادی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت بوتان تتراکربوکسیلیک اسید (BTCA)، سدیم هیپوفسفیت (SHP) و نانودی اکسید تیتانیوم (Nano TiO<sub>2</sub>) می‌باشد که مشخصات آنها در جدول ۲، ارائه شده است.

جدول ۲. مشخصات مواد شیمیایی مورد استفاده

نوع ماده	مشخصات	تهیه شده از
Butan-۴ و Tetra carboxylic Acid (BTCA)	فرمول شیمیایی: $C_8H_6O_8$ وزن مولکولی: ۲۳۴/۱۶ درجه خلوص < ۹۹/۰٪	Merck آلمان
Sodium hypophosphite (SHP)	فرمول شیمیایی: $NaH_2P_2O_7 \cdot H_2O$ وزن مولکولی: ۱۰۵/۹۹ درجه خلوص < ۹۹/۰٪	Flulca سوئیس
Nano titanium dioxide (NTO)	ساختار کریستالی آنتاز، متوسط اندازه ذرات ۲۱ نانومتر با نام تجاری Degussa P-25 PH 3/5- 4/5 ، سفید رنگ، بدون بو دمای ذوب ۱۸۰°C ، دانسیته ۳/۸ gr/cm <sup>۳</sup> غیر قابل حل در آب، درجه حرارت تخریب ۲۰۰۰°C	Degussa آلمان

## ۲-۲- دستگاه‌های آزمایشگاهی مورد استفاده

حمام فراصوت Euronda S.P.A مدل 4d ساخت شرکت Eurosonic ایتالیا و همزن مغناطیسی Mr. Hei ساخت شرکت Heibolf آلمان جهت تعلیق نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم، آون حرارتی جهت خشک کردن و تثبیت نمونه‌ها، دستگاه Wrinkle Recovery Teaster, AATCC-128 مدل M272 ساخت شرکت شرلی انگلستان جهت بررسی رفتار بازگشت از چروک نمونه‌ها و دستگاه اندازه‌گیری نیروی پیچشی [۱۶] جهت بررسی نیروی پیچشی نمونه‌ها و میکروسکوپ الکترونی SEM مدل XL30 ساخت شرکت فیلیپس هلند جهت ارزیابی مرفولوژی ساختاری پارچه استفاده گردید.

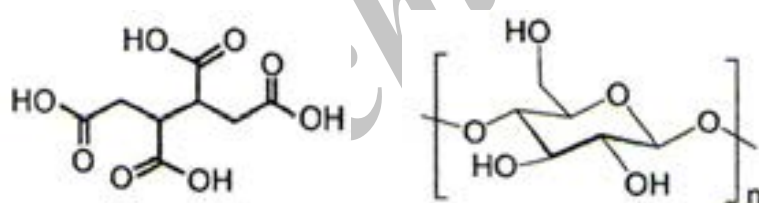
## ۲-۳- روش‌ها و آزمایشها

### ۳-۲-۱- آماده سازی پارچه

پارچه مصرفی، پارچه پنبه / پلی‌استر خام بوده که عمل آهارگیری، پخت و سفیدگری آن در کارخانه یزدباف انجام گرفت.

### ۲-۳-۲- تکمیل با پلی کربوکسیلیک اسیدها و نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم

درصدهای مواد مورد استفاده جهت پد کردن پارچه‌ها با توجه به ساختار مولکولی اسید و همچنین با توجه به تحقیقات انجام شده تعیین گردید. از آنجا که پس از بکار بردن مواد روی نمونه‌ها، نمونه‌ها در نهایت با هم مقایسه شدند، سعی گردید درصد اسید بکار رفته (بوتان تتراکربوکسیلیک اسید) با توجه به ساختار شیمیایی و تعداد گروه‌های فعال اسید تعیین گردد. شکل و ساختار مولکولی BTCA و نانودی اکسیدتیتانیوم در شکل ۱ نشان داده شده است. درصدهای BTCA و سدیم هیپوفسفیت (SHP)، هر کدام ۰.۶٪ همچنین درصد TiO<sub>۲</sub> مصرفی به صورت تنها و همراه با BTCA، ۰.۱٪ و ۰.۲٪ بر اساس نسبت W/W<sub>0</sub>% وزن نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱. الف) بوتان تتراکربوکسیلیک اسید، ب) نانودی اکسیدتیتانیوم [۱۷]

به منظور بکار بردن مواد روی پارچه پنبه / پلی‌استر خالص هفت روش جهت مقایسه با نمونه شاهد در نظر گرفته شد. در جدول ۳ فرمولاسیون و درصد مواد مورد استفاده نشان داده شده است. تمامی درصدها نسبت به وزن کالا محاسبه شده است. برای بکار بردن مواد بصورت متوالی نمونه‌ها در دو حمام جداگانه در دو مرحله پد گردیدند. برای هر حالت مواد را در بشر موردنظر با آب مقطر به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر رسانده بشر مذکور را داخل حمام آلتراسونیک قرار داده و پس از ۱۵ دقیقه تعلیق، سوسپانسیون بدست آمد. سپس نمونه‌های موردنظر در حمام آماده شده به مدت یک ساعت قرار گرفته و پس از آغشته‌سازی، از غلتک‌های فولارد با برداشت ۸۰٪ عبور داده شدند. سپس در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه خشک و در ۱۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ دقیقه تثبیت شدند. در انتها نمونه‌های تکمیل شده بوسیله آب مقطر شست و شو داده شدند.

جدول ۳. درصد مواد مصرفی برای هر حالت

شماره	کد نمونه	نمونه‌ها	BTCA	TiO <sub>2</sub>	SHP
۱	A	BTCA	٪۶	----	٪۶
۲	B	TiO <sub>2</sub>	----	٪۲	----
۳	C	TiO <sub>2</sub>	----	٪۱	----
۴	D	TiO <sub>2</sub> →BTCA	٪۶	٪۱	٪۶
۵	E	BTCA →TiO <sub>2</sub>	٪۶	٪۱	٪۶
۶	F	TiO <sub>2</sub> +BTCA	٪۶	٪۱	٪۶
۷	G	TiO <sub>2</sub> +BTCA	٪۶	٪۲	٪۶
۸	H	شاهد	----	----	----

## ۳-۳-۲- آزمون بازگشت از چروک نمونه‌ها

آزمون بازگشت از چروک نمونه‌ها طبق استاندارد AATCC 128 با استفاده از دستگاه بازگشت از چروک ( Wrinkle Recovery Teaster) ساخت شرکت شرلی انگلستان انجام شد. این دستگاه در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. دستگاه آزمون بازگشت از چروک و نمونه‌های استاندارد [۱۸] Replica

جهت انجام این آزمون، نمونه‌های تکمیل شده و شاهد به ابعاد ۱۵×۲۹۰ میلی‌متر در دو جهت تار و پود بریده و پس از اتو شدن و قرار گرفتن در شرایط محیط به مدت ۲۴ ساعت، به صورت پوسته استوانه ای در بین دو فک دستگاه که فک بالا متحرک و فک پایین ثابت است قرار گرفته و بوسیله یک وزن ۳/۵ کیلوگرمی به مدت ۲۰ دقیقه تحت کمپرس محوری مارپیچی قرار گرفتند. نمونه‌ها پس از ۲۴ ساعت با ۵ نمونه استاندارد (Replica) مقایسه و درجه بازگشت از چروک آنها ثبت گردید. میانگین نتایج آزمون چروک پارچه برای ۹ بار آزمایش در جهت تار و ۹ بار آزمایش در جهت پود در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: میانگین نتایج بازگشت از چروک نمونه‌ها در دو جهت تار و پود

شماره	کد نمونه	چروک در جهت تار	چروک در جهت پود
۱	A	۲/۸ (۰/۴۴)	۲/۸ (۰/۴۴)
۲	B	۲/۲ (۰/۴۴)	۲/۸ (۰/۴۴)
۳	C	۲/۲ (۰/۴۴)	۲/۸ (۰/۴۴)
۴	D	۲/۸ (۰/۴۴)	۴ (۰)
۵	E	۲/۸ (۰/۴۴)	۳ (۰)
۶	F	۲/۸ (۰/۴۴)	۲/۸ (۰/۴۴)
۷	G	۲/۸ (۰/۴۴)	۳/۸ (۰/۴۴)
۸	H	۱/۲ (۰/۴۴)	۱/۲ (۰/۴۴)

\* اعداد داخل پرانتز انحراف از معیار می‌باشند

## ۴-۳-۲- اندازه گیری نیروی پیچشی نمونه ها

به منظور بررسی نیروی پیچشی نمونه‌ها، از دستگاه ساخته شده توسط هزاوه‌ای [۱۶] که با استفاده از نرخ ثابت کاهش ازدیاد طول CRE عمل می‌کند استفاده شد. نمونه‌های عمل شده و شاهد را در جهت تاری و پودی جداگانه در اندازه ۳۱۰×۲۱۰ میلی‌متر بریده و پس از اتو کردن ۲۴ ساعت در محیط آزمایش قرار گرفتند و سپس نمونه‌ها بین دو فک در دستگاه بسته شد، به طوری که فک فوقانی دستگاه متحرک و فک پایینی ثابت می‌باشد. بنابراین ضمن پیچاندن نمونه، با سرعت ۴step/sec پارچه یک حرکت پیچشی و فشاری توأم را به سمت پایین انجام می‌دهد. در این دستگاه گام پیچشی ۱۱۰mm، زاویه پیچش ۳۲ درجه و نرخ پیچش ۹/۱ Turn/Meter است. در نهایت بیشترین نیروی پیچشی که پارچه می‌تواند تحمل کند توسط نرم‌افزار دستگاه محاسبه گردید. نمونه‌ای از نمودارهای نیروی پیچشی محاسبه شده به وسیله دستگاه در شکل ۳ نشان داده شده است. میانگین نتایج نیروی پیچشی برای نمونه‌های مختلف پارچه در جدول ۵ نشان داده شده است.



شکل ۳. نمودار نیروی پیچشی - کرنش پیچشی نمونه عمل شده با BTCA و سپس TiO<sub>2</sub> در جهت تار

جدول ۵: میانگین نتایج نیروی پیچشی نمونه‌ها در دو جهت تار و پود

شماره	نمونه‌ها	(N) نیروی پیچشی در جهت تار	(N) نیروی پیچشی در جهت پود
۱	A	۱۰/۵ (۰/۹۶)	۲/۳ (۰/۵۴)
۲	B	۳/۵ (۰/۴۵)	۱/۷ (۰/۴۰)
۳	C	۳/۳ (۰/۷۴)	۲/۰ (۰/۴۴)
۴	D	۳/۵ (۰/۴۸)	۳/۴ (۰/۵۷)
۵	E	۸/۷ (۰/۵۳)	۲/۵ (۰/۴۲)
۶	F	۶/۰ (۰/۲۴)	۱/۷ (۰/۳۱)
۶	G	۵/۶ (۰/۳۸)	۱/۸ (۰/۳۰)
۷	H	۴/۶ (۰/۴۵)	۱/۸ (۰/۳۹)

\* اعداد داخل پرانتز انحراف از معیار می‌باشند.

## ۳. نتایج و مباحث

## ۳-۱- بررسی تصاویر میکروسکوپی

همان طور که در تصاویر SEM مشخص است در نمونه‌های D (ترتیب  $TiO_2$  و BTCA) و G (ترکیب ۲٪  $TiO_2$ +BTCA) تجمع نانو در نمونه‌ها بیشتر بوده در حالی که در سایر نمونه‌ها کمتر بوده که همین عامل باعث اثر ممانعتی آنها بر پیوندهای عرضی (crosslink) توسط BTCA در زنجیره‌های سلولز شده است. بنابراین حالت D بهترین نتایج بازگشت از چروک و نیروی پیچشی پواسون را داشته است.

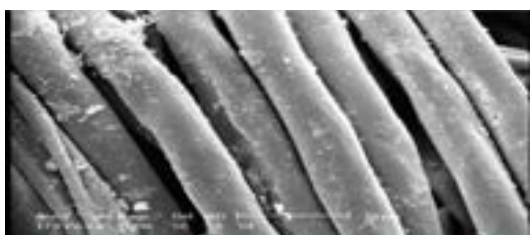
شکل ۴ تصاویر میکروسکوپ الکترونی SEM را برای نمونه‌های A (BTCA)، B (۲٪  $TiO_2$ )، D (ترتیب  $TiO_2$  و BTCA) و E (ترتیب BTCA و  $TiO_2$ ) و G (ترکیب ۲٪  $TiO_2$ +BTCA) نشان می‌دهد.



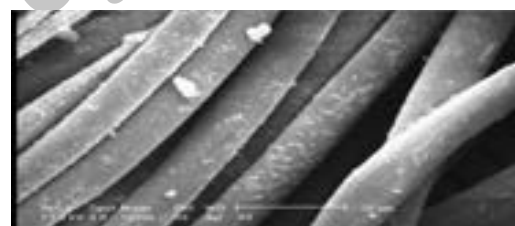
(ب)



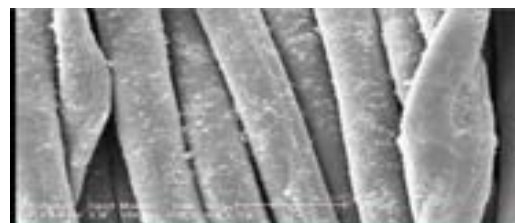
(الف)



(د)



(ج)



(ه)

شکل ۴. تصاویر SEM: (الف) نمونه عمل شده با BTCA (نمونه A)، (ب) نمونه عمل شده با ۲٪  $TiO_2$  (نمونه B)، (ج) نمونه عمل شده با  $TiO_2$  و سپس BTCA (نمونه D)، (د) نمونه عمل شده با BTCA و سپس  $TiO_2$  (نمونه E)، (ه) نمونه عمل شده با ترکیب BTCA و ۲٪  $TiO_2$  (نمونه G)

## ۲-۳- بررسی نتایج بازگشت از چروک

با توجه به شکل های ۵، بررسی نتایج نشان داد که بازگشت از چروک نمونه‌های عمل شده با  $\text{BTCA}$  در مقایسه با نمونه شاهد (عمل نشده) بهبود یافته است. این امر اثر مطلوب پلی کربوکسیلیک اسیدها را بر بازگشت از چروک نمونه‌ها نشان می‌دهد، که علت آن ایجاد پیوند عرضی میان زنجیره‌های سلولزی بوسیله پلی کربوکسیلیک اسیدهاست. این اسیدها دارای گروه کربوکسیل فعال هستند که قادرند گروه‌های هیدروکسیل سلولز را از طریق تشکیل انیدریدهای واسط حلقوی فعال، استری کنند. اطلاعات طیف سنجی مادون قرمز ثابت کرده که انیدریدهای حلقوی بسیار فعال هستند و بدون کاتالیزور قادر به استری کردن سلولز پنبه در دمای بسیار کمتر از دمای پخت پلی کربوکسیلیک اسید هستند. بنابراین نقش کاتالیزورهایی مثل (SHP) تسریع در تشکیل ایندیریدهای حلقوی از پلی کربوکسیلیک اسیدهاست. از طرفی پیوندهای عرضی انجام شده مانع از شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی بین زنجیره‌ها هنگام اعمال نیرو و یا جذب رطوبت می‌شوند. بنابراین پیوندهای هیدروژنی در هنگام اعمال نیرو در جای خود محکم باقی می‌مانند و همین امر باعث جلوگیری از تغییر فرم و چروک پارچه می‌شود.

در مقایسه نمونه عمل شده با  $\text{TiO}_2$  به تنهایی و نمونه عمل نشده بازگشت از چروک بهتری مشاهده شده است. علت آن، اتصال گروه های هیدروکسیل سلولز با نانوذرات  $\text{TiO}_2$  و برقراری اتصال الکترواستاتیک بین آنهاست که این اتصال و پیوند باعث شبکه‌ای شدن بیشتر سلولز می‌شود و در حقیقت نانو نقش اسید لوئیس را ایفا می‌کند و نیز وجود نانو تنها جاذبه‌های دو قطبی در بین زنجیره‌های پلی استر را افزایش می‌دهد و نانو هیچگونه (crosslink) را با پلی استر تشکیل نمی‌دهد.

بررسی نشان می‌دهد که نمونه‌هایی که ابتدا با  $\text{BTCA}$  و سپس با  $\text{TiO}_2$  عمل شده‌اند باز هم نسبت به نمونه عمل نشده (شاهد) بازگشت از چروک بهتری دارد. کربوکسیلیک اسیدها باعث شبکه‌ای شدن سلولز می‌شوند. حضور  $\text{TiO}_2$  دانسته شبکه‌ای شدن را افزایش می‌دهد، کربوکسیلیک اسید تمامی گروه‌های هیدروکسیل زنجیره سلولزی را اشغال نمی‌کند. با حضور یافتن ذرات نانو گروه‌های باقی مانده بوسیله این ذرات اشغال می‌شوند و همین امر شبکه‌ای شدن سلولز را افزایش می‌دهد. همچنین  $\text{TiO}_2$  ممانعت فضایی کربوکسیلیک اسیدها را کم می‌کند و اثر بهتری در شبکه‌ای شدن و بازگشت از چروک دارد.

و نیز در بررسی نمونه‌هایی که ابتدا با  $\text{TiO}_2$  و سپس با  $\text{BTCA}$  عمل شده‌اند بازگشت از چروک نسبت به نمونه عمل نشده (شاهد) بهتر است. هنگامی که ابتدا  $\text{TiO}_2$  روی پارچه قرار می‌گیرد حضور آن روی زنجیره‌های سلولزی باعث افزایش دانسته بار هیدروژن گروه هیدروکسیل شده و برقراری اتصال گروه‌های هیدروکسیل سلولز با کربوکسیل اسید را افزایش می‌دهد.

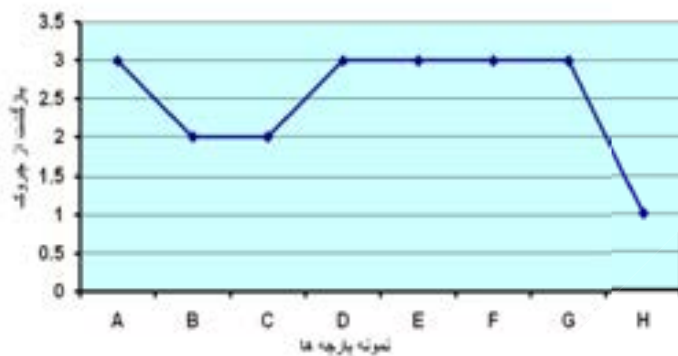
در تمامی این نمونه‌ها بین نمونه تاری و پودی تفاوت وجود دارد و علت آن کمتر بودن تراکم پودی نسبت به تاری است. با کاهش تراکم پودی نسبت به تاری، پوشش پودی نسبت به تاری کمتر بوده و فضای خالی بین نخ‌ها در جهت پود نسبت به جهت تار بیشتر است به همین علت تجمع نانو  $\text{TiO}_2$  در لابه لای نخ‌ها پود بیشتر از نخ‌های تار است. علت بهبود چروک و همچنین نیروی پیچشی بیشتر در جهت پود این است که گروه‌های کربوکسیل فعال پلی کربوکسیلیک اسید قادرند با گروه‌های هیدروکسیل سلولز پیوند استری قوی برقرار نمایند (یعنی پیوند عرضی (crosslink) در بین زنجیره‌های سلولزی) این پیوندهای عرضی ایجاد شده کمک می‌کند که در هنگام اعمال نیرو (پیچشی یا فشاری) پیوندهای هیدروژنی مقاومت بیشتری از خود نشان داده و در اثر اعمال نیرو پاره نگردد. همین امر باعث می‌شود مقاومت پارچه در برابر چروک بیشتر شده و رفتار بهتری را در برابر نیروهای پیچشی و یا فشاری نشان می‌دهد.

در این تحقیق مشخص شد که نانو  $\text{TiO}_2$  به تنهایی و  $\text{BTCA}$  به تنهایی بازگشت از چروک بهتری نسبت به نمونه شاهد دارد. کربوکسیلیک اسیدها باعث شبکه‌ای شدن سلولز می‌گردند و حضور نانو دی اکسید تیتانیوم این شبکه‌ای شدن را افزایش می‌دهد و بنابراین نانو کمک به بهتر شبکه‌ای شدن سلولز می‌کند. وجود نانو تنها جاذبه‌های دو قطبی در بین زنجیره‌های پلی استر را افزایش می‌دهد ولی هیچ گونه (crosslink) را با پلی استر تشکیل نمی‌دهد (چون پلی استر گروه آزاد ندارد)، در



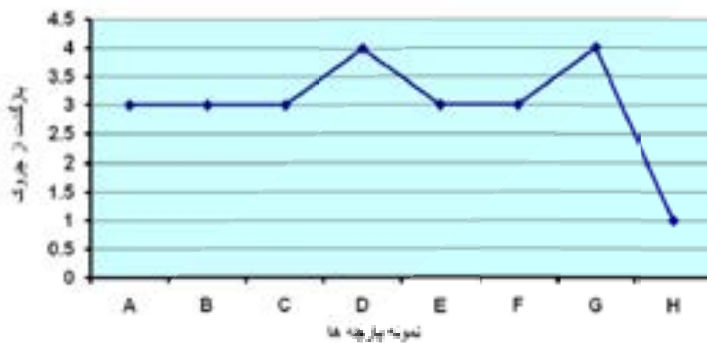
نتیجه ترتیب استفاده از نانو و اسید بازگشت از چروک بهتری را نسبت به حالت شاهد و استفاده هر یک به تنهایی دارد. هنگامی که از ترکیب نانو و اسید ( $\text{BTCA+Nano TiO}_2$ ) استفاده می‌کنیم بازگشت از چروک نسبت به حالت ترتیبی کمتر شده و دلیل این است که این ترکیب باعث می‌شود که هیچ یک از دو ماده نتواند به تنهایی با سلولز همچنین زنجیره‌های پلی استر ارتباط برقرار کند یعنی نانو نمی‌تواند در اینجا جاذبه‌های دو قطبی را افزایش دهد (در پلی استر) و همچنین (crosslink) که BTCA به تنهایی در سلولز ایجاد می‌کند در این حالت ایجاد شده است هر چند که این ترکیب نسبت به حالت شاهد چروک را بهبود می‌بخشد.

نمودار بازگشت از چروک در جهت تار



شکل ۵. نمودار بازگشت از چروک نمونه‌ها در جهت تار

نمودار بازگشت از چروک در جهت پود



شکل ۶. نمودار بازگشت از چروک نمونه‌ها در جهت پود

### ۳-۳- بررسی نتایج نیروی پیچشی

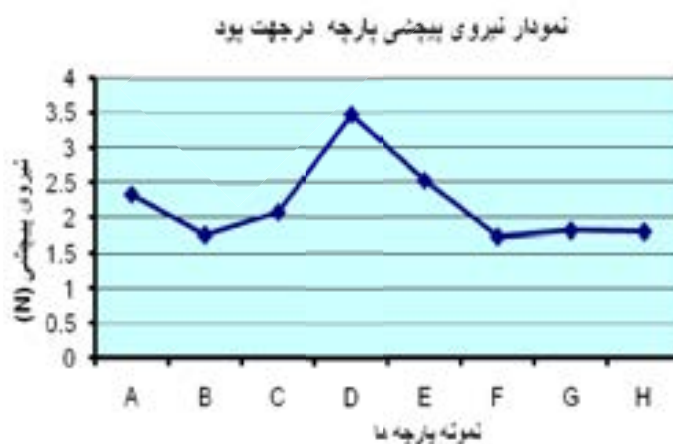
با توجه به نتایج بدست آمده از شکل های ۷ و ۸، نیروی پیچشی نمونه‌ها پس از عمل شدن با BTCA نسبت به نمونه عمل نشده (شاهد) افزایش پیدا کرده. پیوند عرضی ایجاد شده بوسیله پلی کربوکسیلیک اسید باعث افزایش نیروی پیچشی نمونه‌ها شده است. پیوند عرضی ایجاد شده بین زنجیره‌های سلولز باعث می‌شود که هنگام اعمال نیرو روی زنجیره‌ها، این پیوندها از جابجاشدن و تغییر وضعیت پیوندهای بین زنجیره‌ها جلوگیری کنند و همین امر باعث مقاومت پارچه می‌شود. در مورد نانو  $\text{TiO}_2$  نیز با قرار گرفتن نانو ذرات  $\text{TiO}_2$  بین زنجیره‌ها و در ساختار سلولز باعث می‌شود که اصطکاک بین زنجیره‌ها افزایش یابد و از سرخوردن آنها جلوگیری شود و این امر باعث افزایش نیروی پیچشی می‌شود.

همان طور که مشخص است نیروی پیچشی در جهت تار از جهت پود بیشتر است و بیشترین حالت در جهت تار مربوط به پارچه A و E و کمترین حالت مربوط به پارچه C و B می‌باشد. در جهت پود بیشترین نیروی پیچشی مربوط به نمونه D و

کمترین نیروی پیچشی مربوط به نمونه F می‌باشد. در جهت پود پارچه D (ترتیب  $\text{TiO}_2$  و  $\text{BTCA}$ ) بهترین حالت بازگشت از چروک را داشته و نیروی پیچشی در حالت چروک کامل نیز بیشترین می‌باشد. دلیل این امر با توجه به تصاویر گرفته شده بوسیله میکروسکوپ SEM تجمع خوب نانو  $\text{TiO}_2$  و اتصال بسیار خوب  $\text{BTCA}$  با سلولز (crosslink) و با نانو ( $\text{TiO}_2$ ) می‌باشد. پارچه F که ترکیبی از  $\text{BTCA} + \text{Nano TiO}_2$  است کمترین نیروی پیچشی را دارد چون در این حالت تجمع خوبی از نانو  $\text{TiO}_2$  و  $\text{BTCA}$  جهت crosslink و پیوند عرضی بوجود نیامده و امکان شبکه‌ای شدن کمتر بوده است. در جهت تار، پارچه A که نمونه عمل شده با  $\text{BTCA}$  به تنهایی است به علت اینکه چهار گروه اسید با OH سلولز پیوند استری قوی تشکیل داده، نیروی پیچشی خوبی را نشان می‌دهد. در حالی که نمونه E (ترتیب  $\text{BTCA}$  و  $\text{Nano TiO}_2$ ) نیز نیروی پیچشی و بازگشت از چروک بالایی در جهت تار دارد، چون علاوه بر ایجاد جاذبه‌های دو قطبی با پلی استر، با سلولز نیز پیوند عرضی خوبی برقرار کرده و شبکه‌ای شدن سلولز را افزایش می‌دهد بنابراین نیروی پیچشی بیشتری را نشان می‌دهد، همچنین نمونه E نیز در جهت تار بازگشت از چروک خوبی را نشان داده است. بنابراین رابطه خوبی بین بازگشت از چروک و نیروی پیچشی در حالت چروک وجود دارد.



شکل ۷. نمودار نیروی پیچشی نمونه‌ها در جهت تار



شکل ۸. نمودار نیروی پیچشی نمونه‌ها در جهت پود

## ۴. نتیجه گیری

هدف از انجام این پژوهش بررسی خصوصیات بازگشت از چروک پاچه مخلوط پنبه / پلی‌استر با استفاده از ۱ و ۲ و ۳ و ۴- بوتان تتراکربوکسیلیک اسید (BTCA) و کاتالیزور سدیم هیپوفسفیت (SHP) و نانو دی اکسید تیتانیوم (Nano TiO<sub>2</sub>) به تنهایی و به صورت ترتیبی و ترکیبی براساس روش pad - dry بوده است. نتایج نشان داد به کار بردن نانو TiO<sub>2</sub> و BTCA به صورت ترکیبی و یا ترتیبی تأثیر بهتری نسبت به استفاده جداگانه هر یک از مواد داشته است. در این میان ترتیب TiO<sub>2</sub> و BTCA بهترین نتیجه بازگشت از چروک را داشته است زیرا کربوکسیلیک اسیدها باعث شبکه‌ای شدن سلولز می‌گردند و حضور نانو TiO<sub>2</sub> کمک به بهتر شبکه‌ای شدن سلولز می‌کند و جاذبه‌ها دو قطبی بین زنجیره‌های پلی‌استر را افزایش می‌دهد از طرفی وجود نانو کاهش خصوصیات مکانیکی که بر اثر تکمیل نمونه با BTCA ایجاد شده است را نیز بهبود می‌بخشد. در نهایت می‌توان گفت، افزایش NanoTiO<sub>2</sub> همراه BTCA سبب بهبود بازگشت از چروک، کاهش سختی و نرمی زیردست پارچه شده است.

## منابع

- [1] Schindler W.D., Hauser P. J., 2004, Chemical finishing of textiles Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
- [2] Bajaj P., Chakrapani S., Jha N.K., 1984, Flame retardant durable-pres finishes for cotton and polyester/cellulose blends, *Textile Research Journal* **54**: 619-630.
- [3] Hamalainen C., Mard H.S., Cooper A.S., 1972, Comparison of application techniques for deposition of resins in cotton fibres, *American Dyestuff Reporter* **71**: 30-38.
- [4] Shin Y., Hollies N.R.S., Yeh K., 1989, Polymerization-crosslinking of cotton fabric for superior performance properties, I, A preliminary study, *Textile Research Journal* **59**: 635- 642.
- [5] Nair P., 1982, Resin finishing of polynosic/cotton blended fabric by poly-set process, *Cellulose Chemistry and Technology* **16**:491-502.
- [6] Vail S.L., Verburg G.B., 1973, Chemical and physical properties of cotton modified by Nmethylol agents. III. Observations on polymerization and crosslinking of melamine- based-reagents with cotton, *Textile Research Journal* **43**: 67-74.
- [7] Reinhardt R.M., Harper R.J., 1984, Comparison of after treatments to lower formaldehyde release from cottons crosslinked with various finishing agents, *Journal of Coated Fabrics* **13**:216-227.
- [8] Thomason S. 2006, Thesis (M.S.), Optimization of ionic cross linking, North Carolina State University, Raleigh.
- [9] Turner J.D., 2001, Articles with durable press produced by low temperature treatment, *Textile World*, **151**: 50-53.
- [10] Yang C. Q., Qian L., Lickfield, G.C., 2001, Mechanical strength of durable press finished cotton fabric Part IV Abrasion resistance, *Textile Research Journal* **71**:543-548.
- [11] Pantze A., 2006, Studies of ester formation on acellulose matrix, Lulea University of Technology, LTU Skelleftea, Division of Wood Science and Technology 2-10.
- [12] yang-C. Q., Wei W., 2000, Mechanical strength of durable press finished cotton fabric part II: Change in cellulose molecular weight, *Textile Research Journal* **70**:910-915.
- [13] Welch C.M., 1988, Tetracarboxylic acids as formaldehyde-free durable press finishing agents, *Textile Research Journal* **58**: 480-486.
- [14] Gagliardi D. D., shippee F. B., 1959, Epoxy resin blended finishes for white cotton, *Textile Research Journal* **29**:54-65.
- [15] Xu W., Li y., 2000, Cotton fabric strength loss from treatment with polycarboxylic acids for durable press performance, *Textile Research Journal* **70**, 957-961.
- [16] Shaikhzadeh Najar S., Hezavehei E., Hoseini Hashemi Sh., Rashidi A., , 2009, Investigation into Wrinkle behavior of woven fabrics in a cylindrical form by measuring their tangential force, *International Journal of Computer Science and Telecommunications* **21**: 7-30.

- [17] schindler W.D hauser P.J., 2004 , *Chemical Finishing of Textile* 5: 51-73.  
[18] AATCC Test Method 128, In *AATCC Technical Manual* 69: 217-218.

Archive of SID