



کاربرد لیزر در اصلاح برخی از خواص سطحی منسوجات

شیرین نوربخش^{۱*}، اعظم طالبیان^۲، کوروش شبستری زاده^۲

چکیده

با توجه به اهمیت اصلاح سطحی منسوجات توسط روشهای جایگزین بدون استفاده از آب، در این تحقیق سطوح الیاف پشم، پلی استر و نایلون ۶۶ توسط لیزرهای مختلف اصلاح شده است. برای الیاف پشم که با لیزر Nd:Yag عمل شده اند خواص جمع شدگی پارچه پشمی، جذب آب، خواص مکانیکی، مرفولوژی سطح توسط میکروسکوپ SEM و اتصالات شیمیایی سطح توسط FTIR/ATR بررسی شد. برای الیاف پلی استر و نایلون که توسط لیزر اگزایمر (Excimer) اصلاح سطحی شده اند، جذب آب، مرفولوژی سطح (میکروسکوپ SEM) و اتصالات شیمیایی سطح (FTIR/ATR) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج SEM حاصل از عمل لیزر بر روی پارچه پشمی نشان داد که با انتخاب مناسب شرایط لیزر، اثرات ضد جمع شدگی مناسب توسط کندن لبه های فلز الیاف پشم در پارچه پشمی بوجود می آید. همچنین نتایج حاصل از اثر لیزر بر روی الیاف نایلون و پلی استر، افزایش جذب آب و اصلاح سطحی را نشان می دهد. سطح الیاف پلی استر و نایلون که توسط لیزر Excimer اصلاح شده اند شکلی متفاوت را نشان دادند، بطوری که باعث شد الیاف پلی استر دارای سطحی با شیار و موج های یکنواخت گردد. تغییرات اتصال شیمیایی بر روی سطح این الیاف نشان داد که گروههای جاذب آب بوسیله اثر لیزر ایجاد شده اند.

کلمات کلیدی: لیزر، اصلاح سطح، پشم، پلی استر، نایلون ۶۶.

Abstract

In this research, wool, polyester and nylon 66 fabrics were exposed to different kinds of laser instruments to modify fiber surface. Wool fabrics were treated by Nd:Yag laser to determine shrink proof properties, wetting time, tensile strength, surface morphology and functional groups. Wettability, surface morphology and functional groups of polyester and nylon 66 fabrics treated by Excimer laser were investigated. Laser treatment of wool fabric causes etching on scale of wool fiber to control the shrinkage of the fabric, as the SEM micrographs show it. Polyester and nylon 66 fabrics show decrease in wetting time and change on surface morphology by Excimer laser treatment. So that SEM micrographs of fibers indicates ripple like structure. Changes on the surface functional groups shows hydrophilic surface induced by laser.

Keywords: laser, modify fiber surface, wool, polyester, nylon 66.

۱. گروه نساجی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری، تهران، ایران.
مسئول مکاتبات: nourbakhsh_shirin@yahoo.com

۲. نساجی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری، تهران، ایران.

۱. مقدمه

فرآیند های تکمیل و رنگرزی در صنعت نساجی همواره نیاز به مصرف آب و مواد شیمیایی داشته که این امر موجب مصرف زیاد آب و باقی ماندن مواد شیمیایی در پساب ها می گردد. امروزه تلاش بر این است که مصرف آب و مواد شیمیایی کاهش یابد و روشهای زیست سازگار بدون مصرف آب و مواد شیمیایی جایگزین آن گردد. از روشهای جایگزین می توان به پلاسما ، کرونا و لیزر اشاره کرد [۱]. این روشها قادر به اصلاح سطح منسوجات بدون تغییر در خواص درونی پلیمر در یک محیط خشک ، بدون آب و مواد شیمیایی هستند. تحقیقات زیادی در زمینه اصلاح سطح الیاف مختلف توسط پلاسما و کرونا انجام گرفته است. همچنین ایجاد خواصی مانند آبدوستی ، آبگریزی ، افزایش خواص رنگ پذیری ، رنگبری پارچه جین و ایجاد خواص چسبندگی و اتصال بر روی سطح در مقیاس تحقیقاتی و آزمایشگاهی انجام شده است [۲، ۳]. یکی از روشهای دیگر ، استفاده از لیزر می باشد که در مقیاس آزمایشگاهی اصلاح سطحی بر روی الیاف مصنوعی مانند پلی استر و نایلون انجام شده است. اما در صنعت ایجاد ظاهر کهنه در کالاهای جین و رنگبری آن به کمک لیزر Nd: Yag صورت می گیرد [۴-۷].

در این تحقیق از لیزر های مختلف جهت اصلاح سطح منسوجاتی که از الیاف پشم ، پلی استر و نایلون تشکیل شده اند استفاده شده است. الیاف پشم توسط لیزر Nd:Yag و الیاف پلی استر و نایلون تحت تاثیر لیزر Excimer قرار گرفتند. خواصی مانند آبدوستی ، مرفولوژی سطح (SEM) و تغییرات در اتصالات شیمیایی سطح در تمام الیاف بررسی شده و در الیاف پشم خواص جمع شدگی پارچه پشمی و استحکام کششی نیز مورد آزمایش قرار گرفته است.

۲. مواد و آزمایشات

۲.۱. مواد

پارچه پشمی با بافت تاری پودی ، پارچه پلی استر با بافت تاری پودی و نایلون ۶۶ با بافت حلقوی در این تحقیق استفاده شد. دترجنت “Kieralon Jet B و Laventin LNB” ساخت BASF کشور آلمان ، مواد شیمیایی شامل : هیپو کلریت سدیم (۶٪ کلر فعال) ، بی سولفیت سدیم (۹۹/۵٪) ، اسید استیک (۹۶٪) و اسید فرمیک (۹۸٪) از کمپانی Merck کشور آلمان و دترجنت غیر یونی (Persoftal PEN) ساخت بایر آلمان استفاده شد.

۲.۲. آزمایشات

۲.۲.۱. اثر لیزر

پارچه های پشمی قبل از عمل لیزر با دترجنت Laventin LNB در دمای 40°C به مدت ۱۰ دقیقه شستشو شد و پس از خشک شدن تحت اثر لیزر Nd:Yag قرار گرفتند. شرایط لیزر برای پارچه پشمی، توانهای ۱۰۰ و ۵۰ وات و

سرعت‌های ۵۰۰ و ۲۰۰۰ cm/s در نظر گرفته شد. از لیزر Excimer مدل Lambda Physik LPX در اصلاح سطحی پارچه های پلی استر و نایلون استفاده شد. گاز ArF لیزر Excimer در طول موج ۱۹۳ nm و انرژی 40 mJ/cm^2 به کار رفت.

۲.۲.۲. بررسی جذب آب

جذب آب تمام نمونه های پارچه پشمی ، پلی استر و نایلون مطابق استاندارد AATCC 39-1980 انجام شد. تمامی نمونه ها در یک سطح صاف قرار داده شد و یک قطره از آب توسط بورت که انتهای آن به فاصله یک سانتی متر از سطح قرار دارد روی پارچه ریخته شد . مدت زمان لازم برای این که قطره از حالت کروی به صاف تبدیل شود و قطره جذب شود اندازه گرفته شد و میانگین ۱۰ اندازه گیری بدست آمد.

۳.۲.۲. میکروسکوپ SEM

شکل شناسی سطح توسط میکروسکوپ SEM مدل PHILIPS XL30 با ولتاژ شتابدهنده ۲۰ کیلو ولت در بزرگنمایی ۱۰۰۰ انجام شد. جهت تصویربرداری با میکروسکوپ SEM، روی نمونه ها با پودر طلا به مدت ۳ دقیقه پوشش داده شد.

۴.۲.۲. آنالیز FTIR/ATR

جهت تعیین تغییرات اتصالات شیمیایی روی سطح الیاف، آنالیز FTIR با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز (FTIR/ATR) Bruker-Equinox 55 ساخت کشور آلمان انجام شد. طیفها بوسیله جزء انعکاسی داخلی ZnSe و در رزولوشن 4 cm^{-1} و ۳۲ اسکن جمع آوری شد.

۵.۲.۲. جمع شدگی کالای پشمی

پارچه های پشمی جهت کلریناسیون در محلول هیپو کلریت سدیم حاوی ۲٪ کلر فعال و اسید فرمیک ۱٪ به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۵ درجه قرار گرفت و سپس شستشو و کلر زدایی انجام شد. جمع شدگی پارچه های پشمی لیزر شده ، عمل نشده و کلرینه شده مطابق استاندارد IWS TM-31 اندازه گیری شد. همه نمونه ها به ابعاد 30×30 بریده شد و مربعی به ابعاد 25×25 در آن علامت گذاری گردید ، سپس نمونه ها در ماشین شستشو همراه با دترجنت Kieralon Jet B (3 g/l) در دمای 40°C تحت عملیات شستشوی جمع شدگی قرار گرفت. پس از خشک شدن پارچه ها ، جمع شدگی توسط میانگین ۶ اندازه گیری بدست آمد.

۶،۲،۲. خواص مکانیکی پارچه پشمی

خواص مکانیکی شامل استحکام کششی و درصد ازدیاد طول پارچه های پشمی توسط استحکام سنج Testometric M500-25 CT طبق استاندارد ASTM D5035 تعیین شد. ابعاد هر نمونه $5 \times 2 \times 30 \text{ cm}^2$ و سرعت دستگاه 50 mm/min و فاصله اولیه بین دو فک 20 cm در نظر گرفته شد. استحکام نمونه ها فقط در جهت تار و توسط میانگین ۵ اندازه گیری بدست آمد.

۳. نتایج و مباحث

۱،۳. نتایج لیزر بر روی الیاف پشم

۱،۱،۳. نتایج جذب آب و خواص مکانیکی

نتایج جذب آب و خواص مکانیکی پارچه پشمی در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. زمان جذب یک قطره آب بر روی نمونه اصلاح سطحی نشده $83/8$ ثانیه است. هنگامی که کلرینه می شود به $16/3$ ثانیه می رسد. کاهش زمان جذب در پشم کلرینه، تجزیه ماده آبگریز در سطح الیاف پشم که توسط هیپو کلریت سدیم صورت می گیرد مربوط به زمانی می شود که پشم توسط لیزر با میزان انرژی کم عمل می شود، زمان جذب آب تا $20/8$ ثانیه کاهش می یابد. هنگامی که انرژی لیزر افزایش پیدا می کند زمان جذب نیز افزایش می یابد به اندازه ای که با افزایش انرژی تا $1/67$ میلی ژول زمان جذب آب افزایش می یابد. علت کاهش جذب آب می تواند به دلیل تغییر در ساختار شیمیایی سطح پشم باشد که این نتایج مشابه نتایج کاهش جذب آب در پشم عمل شده توسط پلاسما است [۸].

جدول ۱. زمان جذب آب و خواص مکانیکی پارچه های پشمی لیزر نشده ، کلرینه و لیزر شده در شرایط مختلف

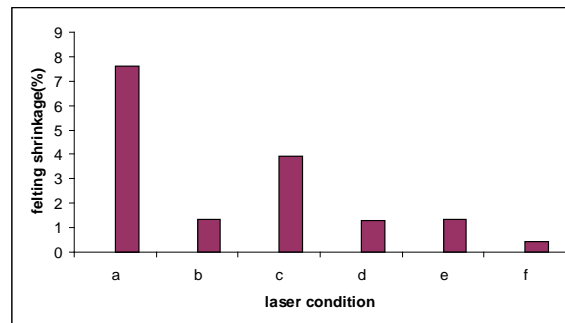
	کلرینه		لیزر شده (انرژی)			
	لیزر نشده	لیزر شده	۰/۲۱	۰/۴۲	۰/۸۳	
			mJ/cm^2	mJ/cm^2	mJ/cm^2	$1/67 \text{ mJ/cm}^2$
جذب رطوبت (s)	۸۳/۸	۱۶/۳	۲۰/۸	۶۶/۳	۴۳/۶	۹۱/۳
استحکام کششی (Kgf)	۲۱/۶۳	۲۱/۶۲	۲۰/۷۷	۱۸/۸۲	۱۸/۴۴	۸/۰۲
(%) ازدیاد طول در پارگی	۳۲	۲۳	۲۷/۵	۲۷	۲۰	۱۱

رفتار پارچه پشمی، استحکام کششی $21/63 \text{ kg}$ و ازدیاد طول در پارگی 32 kgf را نشان می دهد. کلریناسیون تغییری در استحکام ایجاد نکرده است در حالیکه ازدیاد طول تا 23% کاهش یافته است. اثر اکسید کنندگی قوی هیپو کلریت

سدیم نه تنها بر روی فلسهای سطح الیاف پشم بلکه در درون لیف است و در نتیجه ازدیاد طول در نقطه پارگی را کاهش می دهد. در پارچه پشمی تکمیل شده توسط لیزر در انرژی کم ($0/42 \text{ mJ/cm}^2$) استحکام کششی و درصد ازدیاد طول در نقطه پارگی تا $18/82$ و 27 ٪ کاهش یافته است. پارچه پشمی که با لیزر در این میزان انرژی عمل شده است، استحکام کششی کمتر و ازدیاد طول در نقطه پارگی بیشتری را نسبت به پارچه های کلرینه شده نشان می دهد. هنگامی که انرژی لیزر تا $1/67 \text{ mJ/cm}^2$ افزایش می یابد، استحکام کششی و ازدیاد طول در نقطه پارگی کاهش می یابد و به $8/02 \text{ kgf}$ و 11 ٪ می رسد. که این به علت تخریب لیزر در ساختار درونی آن است. بنابراین نشان می دهد که اثر لیزر در توانهای زیاد سبب کاهش بیشتر در استحکام پارچه و ازدیاد طول می شود.

۳.۱.۳. نتایج جمع شدگی پارچه پشمی

شکل ۱ درصد جمع شدگی پارچه پشمی عمل نشده، کلرینه و لیزر شده تحت شرایط مختلف را نشان می دهد. پارچه پشمی درصد جمع شدگی $7/62$ ٪ را نشان می دهد و بعد از کلرینه کردن جمع شدگی ناشی از نمدی شدن به $1/36$ ٪ کاهش می یابد. عمل با لیزر ($0/21 \text{ mJ/cm}^2$) جمع شدگی ناشی از نمدی شدن را به $3/91$ ٪ می رساند. افزایش انرژی لیزر سبب کاهش جمع شدگی می شود به نحوی که در انرژی $1/67$ (شکل ۱-f) مقدار آن به 41 / 0 ٪ می رسد که نشان می دهد فلس های سطح الیاف پشم به مقدار زیادی از بین رفته اند.

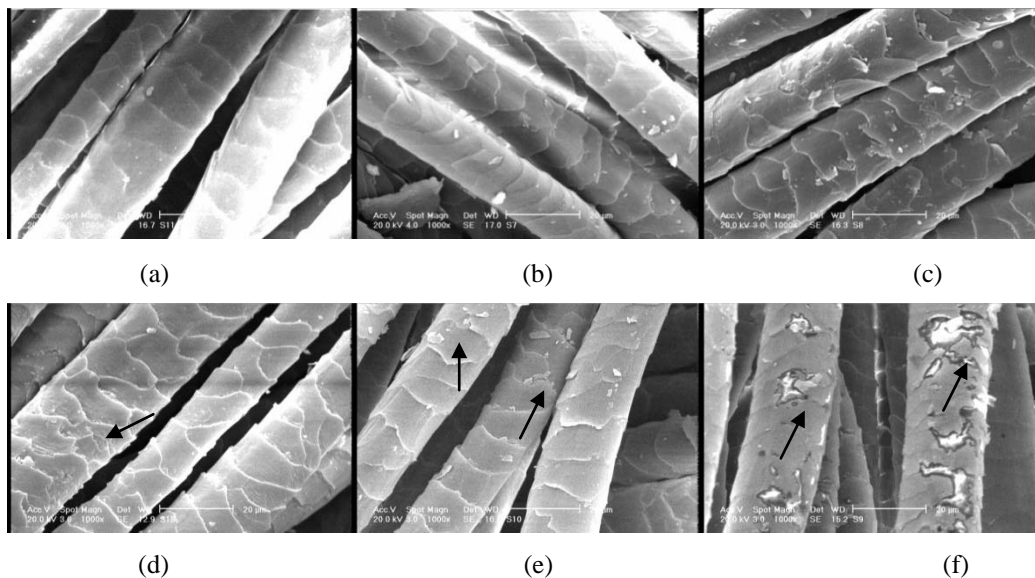


شکل ۱. درصد جمع شدگی ناشی از نمدی کردن پارچه های پشمی مختلف: (a) خام، (b) کلرینه شده، پارچه های پشمی لیزر شده با انرژی های (c) $0/21 \text{ mJ/cm}^2$ ، (d) $0/42$ ، (e) $0/83$ ، (f) $1/67$

۳.۱.۳. نتایج میکروسکوپ SEM و طیف سنجی مادون قرمز پارچه پشمی

تصاویر میکروسکوپ SEM نمونه های پشم خام و لیزر شده در شکل ۲ نشان داده شده است. تصاویر میکروسکوپ در شکل ۲-a نمونه پشم عمل نشده را نشان می دهد که لبه های فلس الیاف پشم صاف است در حالی که در شکل های ۲-c، ۲-d و ۲-e توسط عمل لیزر لبه های فلس کنده می شود. در شکل ۲-f الیاف پشم توسط لیزر با انرژی زیاد عمل شده اند که

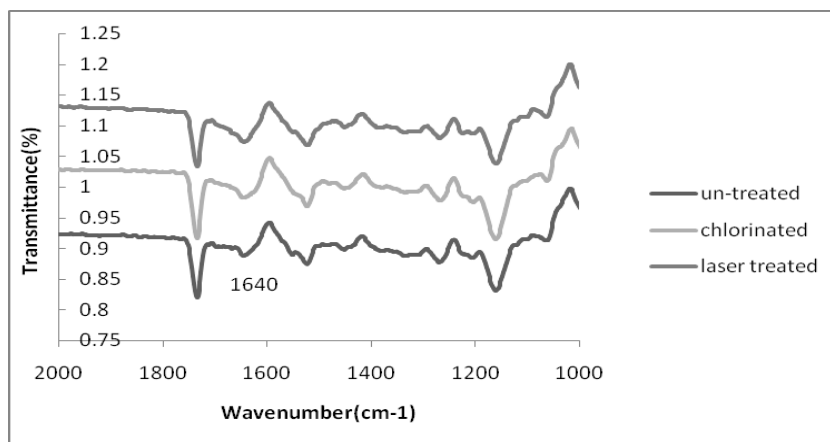
تخریب الیاف پشم کاملا در آن مشخص است. نتایج جمع شدگی پارچه پشمی در این شرایط میزان جمع شدگی ۰/۴۱٪ را نشان می دهد که مطابق با تصاویر میکروسکوپ از بین رفتن فلس ها را بیان می کند. بنابراین میزان انرژی لیزر نقش مهمی در عمل ضد جمع شدگی پشم داشته به طوری که افزایش زیاد انرژی سبب تخریب می گردد.



شکل ۲. تصاویر میکروسکوپی (SEM) پارچه های پشمی عمل شده در شرایط مختلف: (a) خام، (b) کلرینه شده، (c) لیزر شده در انرژی 0.21 mJ/cm^2

(d) لیزر شده در انرژی 0.42 mJ/cm^2 ، (e) لیزر شده در انرژی 0.83 mJ/cm^2 ، (f) لیزر شده در انرژی 1.67 mJ/cm^2

طیف سنجی مادون قرمز الیاف پشم عمل شده در شرایط مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. طیف مادون قرمز پشم لیزر شده مربوط به انرژی 1.67 mJ/cm^2 می باشد. از مقایسه این سه طیف مشاهده می شود که شدت پیک ناحیه 1640 cm^{-1} برای پشم لیزر شده از شدت آن برای پشم لیزر نشده و کلرینه شده بیشتر است. این پیک مربوط می شود به افزایش گروه NH_3^+ در پشم لیزر شده که منجر به امکان جذب بیشتر رنگزای اسیدی می گردد.



شکل ۳. نتایج طیف سنجی مادون قرمز الیاف پشم

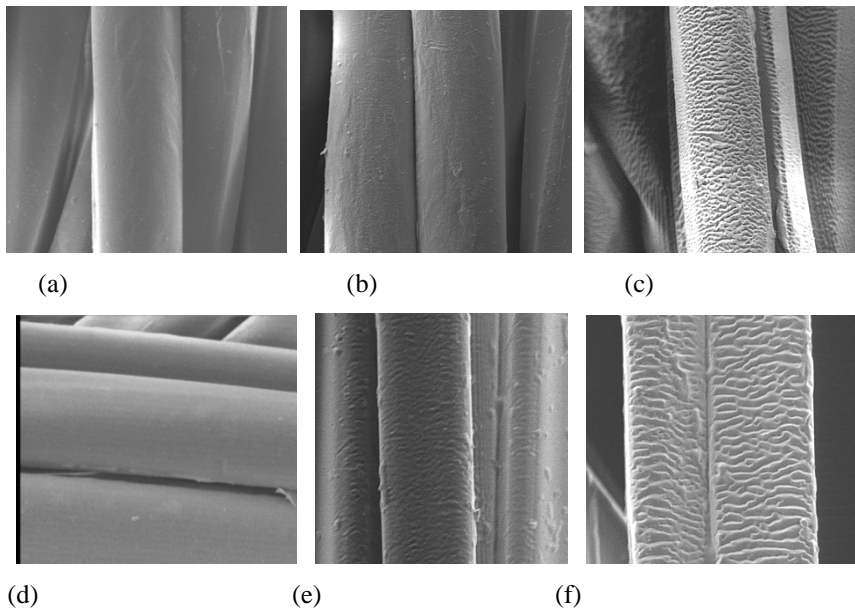
۲،۳. نتایج لیزر بر روی الیاف پلی استر و نایلون

۱،۲،۳. نتایج جذب آب

زمان جذب یک قطره آب برای الیاف پلی استر و نایلون لیزر نشده به ترتیب ۵/۹ و ۳/۵۲ ثانیه است. بعد از اثر لیزر زمان جذب کاهش می یابد. در این مطالعه انرژی بکار رفته 40 mJ/cm^2 بوده و پالس های ۵ (پلی استر) و ۲۰ (نایلون) برای اثر لیزر بکار رفته است. زمان جذب پارچه های پلی استر و نایلون لیزر شده به ترتیب به ۲/۲۱ و ۰/۵۲ ثانیه رسیده است. سطح الیاف پلی استر و نایلون تحت شرایط لیزر موجدار شده و فرورفتگی هایی ایجاد می شود و این فرورفتگی به نحوی است که هوا نمی تواند در آن نفوذ کند اما یک قطره آب به آسانی وارد آن می شود [۹].

۲،۲،۳. نتایج میکروسکوپ SEM و آنالیز طیف سنجی مادون قرمز

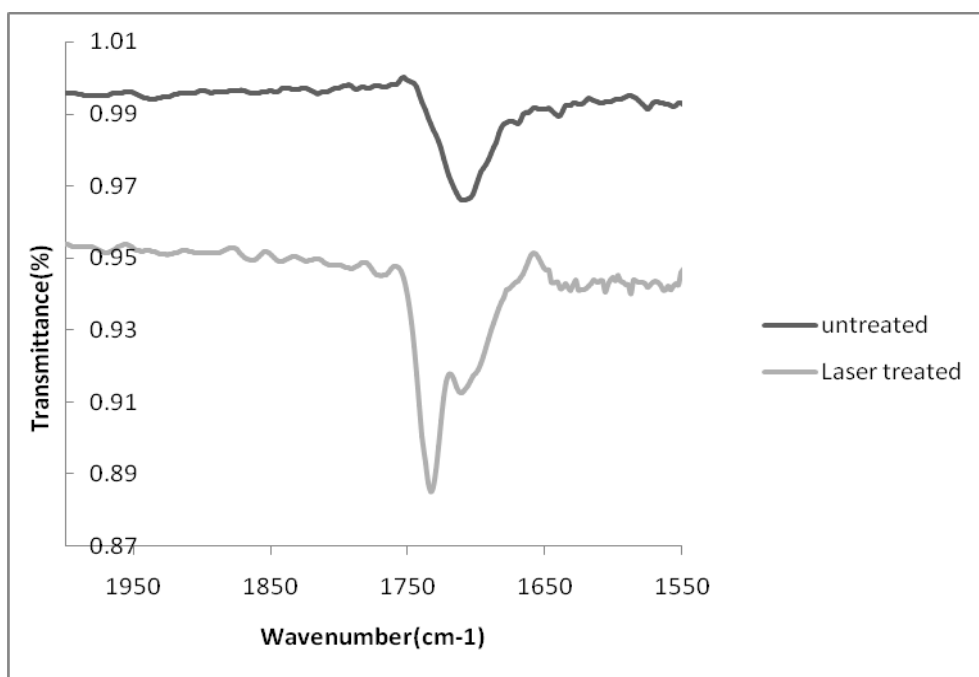
نتایج میکروسکوپی الیاف پلی استر و نایلون در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ها نشان داده می شود الیافی که تحت عمل لیزر قرار نگرفته اند سطحی صاف دارند. اما لیزر Excimer باعث ایجاد سطحی متفاوت و موجدار بر روی الیاف پلی استر و نایلون شده است که این اثر بر روی سطح الیاف بصورت یکنواخت می باشد. شیارهای ایجاد شده بر روی سطح الیاف بستگی به تعداد پالسهای به کار رفته در لیزر دارند به نحوی که پالسهای کم سبب اثرات کمتر می شوند.



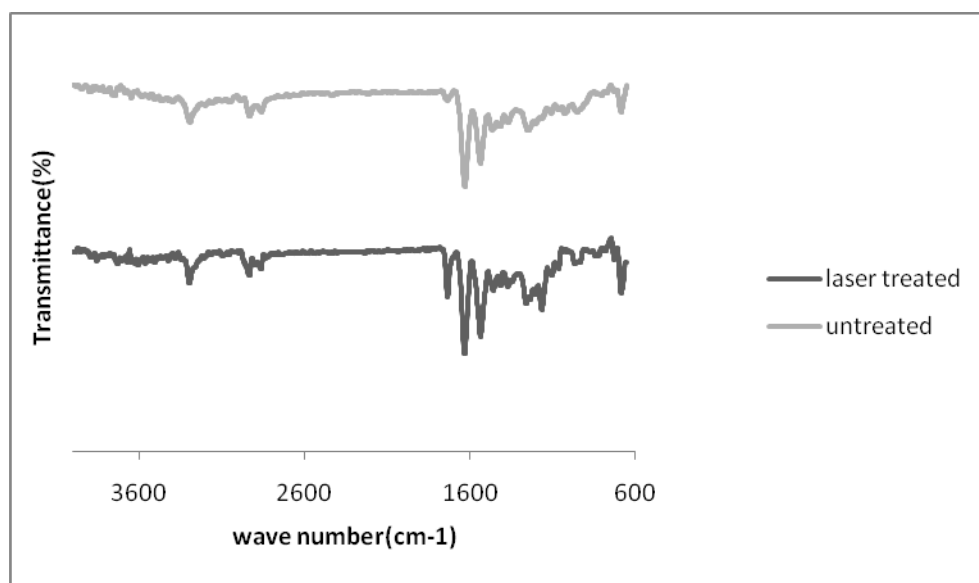
شکل ۴. تصاویر میکروسکوپ SEM از الیاف: پلی استر لیزر نشده (a)، پلی استر لیزر شده در ۲ پالس (b) و ۵ پالس (c)، نایلون لیزر نشده (d)، نایلون لیزر شده در ۵ پالس (e) و ۲۰ پالس (f)

نتایج آنالیز ATR الیاف پلی استر و نایلون در شکل ۵ نشان داده شده است. در ناحیه 1712 cm^{-1} (شکل a-۵) پیک مربوط به گروه استر در پلی استر مشاهده می شود که شدت آن در پلی استر لیزر شده کاهش می یابد و برای پلی استر

لیزر شده یک پیک در ناحیه 1730 cm^{-1} مشاهده می شود که مربوط به گروههای اسید کربوکسیلیک می باشد. بنابراین می توان گفت که اثر لیزر بر روی پارچه پلی استر سبب اکسید شدن سطح لیف و در نتیجه ایجاد گروههای اسید کربوکسیلیک که دلیلی بر افزایش جذب آب است ، می شود. طیف مادون قرمز الیاف نایلون لیزر شده (شکل b-۵) در ناحیه 1733 cm^{-1} افزایش گروههای انتهایی اسیدی را در الیاف نشان می دهد.



(a)



(b)

شکل ۵. طیف مادون قرمز از الیاف پلی استر (a) و نایلون (b)

۴. نتیجه گیری

لیزر اثر قابل توجهی در کاهش جمع شدگی حاصل از نمدی شدن پارچه پشمی دارد و پایداری ابعادی را اصلاح می کند. اثرات ضد نمدی شدن پشم با افزایش انرژی لیزر افزایش می یابد. همچنین افزایش انرژی لیزر سبب کاهش استحکام می گردد ولی با انتخاب شرایط مناسب لیزر می توان اثر ضد نمدی شدن مناسبی بدست آورد.

لیزر Excimer اثر مناسب افزایش جذب آب بر روی پارچه های پلی استر و نایلون را داشته و همچنین سبب تغییرات فیزیکی در سطح این الیاف می گردد به نحوی که الیاف دارای سطحی ناهموار با شیارهای یکنواخت می گردد ، همچنین بر روی الیاف پلی استر تغییرات اتصالات شیمیایی با ایجاد گروههای کربوکسیل که دلیلی بر افزایش جذب آب است ، مشاهده می شود.

۵. منابع

- [1] N.Gokarneshan, J. Tex. Associat., Vol. **303**., pp.301-304., 2004.
- [2] T.Wakida, S.Tokino., Textile Res. J., Vol.**63**., pp.433-437., 1993.
- [3] C.Joanne Yip., Mat. Res. Innovat., Vol.**6**., pp.44-50., 2002.
- [4] T.Dascalu, S.E.Acosta-Ortiz, M.Ortiz-Morales., I.Compean, Optics and Lasers in Engineering.,Vol.**34**., pp.179., 2000.
- [5] M.Ortiz-Morales, M.Poterasu, S.E.Acosta-Ortiz, I.Compean, M.R.Hernandez-Alvarado., Optics and Lasers in Engineering.,VOL. **39**., pp.15., 2003.
- [6] J.D.Costin, H.Martin ., "assigned to Tichnilines"., Perrysburg., Ohio., June 29., 1999.
- [7] D.Knittel, E.Schollmeyer., Polymer international., Vol.**45**., pp.110-117., 1998.
- [8] M.Lewin, E.M.Pearce, "Hand book of fiber chemistry" Marcel Dekker Inc., New York., 1998.
- [9] C.W.Kan., Optics and laser technology., Vol.**40**., pp.113-119.,2008.