

مطالعه مشخصه های رنگی و خواص ریزساختاری پارچه پلی اتیلن ترفتالات پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز اُزن

فرناز السادات فتاحی

دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده نساجی

چکیده

امروزه توجه به فناوری پاک برای کاهش آلایندهای فرایندهای تکمیل در صنعت نساجی رو به افزایش است. آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز اُزن، فناوری سازگار با محیط زیست برای اصلاح خواص سطح الیاف و منسوجات می باشد. در این پژوهش، ساز و کار عملکرد آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز اُزن بر پارچه ۱۰۰٪ پلی اتیلن ترفتالات (دارای ساختار تافته) از جنبه های گوناگون (شیمیایی و فیزیکی) بررسی شده است. همچنین اندیس سفیدی وزردی، ته رنگ و توزیع نمونه ها در فضا رنگ CIELAB، به منظور بررسی مشخصه های رنگی پارچه ها ارزیابی شد. نتایج بررسی ها نشان می دهند که شکل گیری گروه های شیمیایی جدید بر سطح (به دلیل فعل و انفعالات نورشیمیایی) و ایجاد ناهمواری های سطحی (به دلیل پدیده کندگی فیزیکی)، دو عامل کلیدی در آمایش سطح پارچه پلی اتیلن ترفتالات پس از تابش پرتو فرابنفش/گاز اُزن می باشند. همچنین مطالعه مشخصه های رنگی نشان می دهد که پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز اُزن نیز پارچه پلی اتیلن ترفتالات سفید محسوب می شود و تغییری در توزیع نمونه ها در دیاگرام a^*b^* رخ نداده است. واژه های کلیدی: آمایش سطح، پرتو فرابنفش/گاز اُزن، پارچه پلی اتیلن ترفتالات، اندیس سفیدی CIE، کندگی فیزیکی.

Study on the Colorimetric Characteristics and Microstructural Properties of Poly(ethylene terephthalate) Fabrics after the Surface Modification with Ultraviolet Irradiation/Ozone Gas

Farnazalsadat Fatahi

Esfahan, Esfahan University of Technology, Textile Engineering Department, Postal Code 84156-83111

*Today, attention is paid to clean technology to reduce pollution of finishing processes in the textile industry. Surface treatment with ultraviolet/ozone gas is an environmentally friendly technology to improve the surface properties of fibers and textiles. In this research, the performance mechanism of Ultraviolet /ozone gas surface preparation on 100% polyethylene terephthalate fabric (with pique structure) has been investigated from various aspects (chemical and physical). Also, the whiteness index, yellowness index, tint and distribution of samples in CIELAB space were evaluated for estimating the colorimetric characteristics of fabrics. The results show that the formation of free radicals on the surface (due to the photochemical interactions) and surface roughening (due to the effect of physical etching) are two key factors in the surface modification of polyethylene terephthalate fabric after Ultraviolet/ozone gas irradiation. Also, study of colorimetric characteristics shows that after surface treatment with Ultraviolet/ozone gas, the polyethylene terephthalate fabric is still white and there is no change in the distribution of samples in the a^*b^* diagram.*

Key words: Surface modification, Ultraviolet Irradiation/Ozone Gas, Poly(ethylene terephthalate) fabric, CIE whiteness index, Physical etching.

۱-مقدمه

اصلاح سطح الیافی که احتمال دارد بر اثر شعله یا عملیات تخلیه هاله تخریب شوند، بسیار موفق عمل کرده است، به این علت که می‌تواند به طور مداوم و زیر فشار جو انجام شود. در ضمن این فناوری، بدون تولید آلودگی و بدون نیاز به محیط آبی می‌باشد. مزایای متعددی برای آمایش سطح پرتو فرابنفش/گاز اُزن به منظور اصلاح سطح الیاف و منسوجات وجود دارد. این روش محصول جانبی آلوده تولید نمی‌کند و یک فرایند سازگار با محیط زیست می‌باشد^۳ [۸ و ۹]. همچنین روشی موثر برای زدایش انواع آلودگی از سطح می‌باشد (از این روش برای زدایش آلودگی های آلی از موادی شامل سیلیکون، نیتريدسیلیکون، شیشه، کوآرتز، فلزات و پلیمرهای مختلف استفاده می‌شود) [۱۰ و ۱۱]. با توجه به مسئله بحران آب و کمبود منابع آب، این پروسه خشک حائز اهمیت می‌باشد. از آنجایی که آمایش سطح پرتو فرابنفش/گاز اُزن در مدت زمانی کوتاه قادر به ایجاد تغییرات مورد نظر است، قابلیت کاهش مصرف انرژی را دارد [۱۲]. از طرف دیگر وسایل کاربردی برای این فرایند ساده و ارزان هستند [۱۳]. در پژوهش های متعددی از آمایش سطح پرتو فرابنفش/گاز اُزن برای اصلاح سطح الیاف و منسوجات استفاده شده است که در ادامه به برخی از آن ها اشاره می‌شود [۱۴-۱۶]. در پژوهشی متفاوت از آمایش سطح پرتو فرابنفش/گاز اُزن به منظور افزایش چسبندگی سطح الیاف پلی اتیلن با وزن مولکولی فوق سنگین استفاده شد.

خواص سطح الیاف نساجی، نقش بسیار مهمی در کیفیت نهایی محصول (پوشاک) ایفا می نمایند. خواصی نظیر ساختار شیمیایی سطح، زبری، انرژی سطح، بار سطحی، تحرک گروه های عاملی در سطح و ساختار بلوری سطح، اهمیت ویژه ای در کارایی الیاف دارند [۱ و ۲]. الیاف نساجی نیاز به ویژگی های چندگانه مانند جذب رطوبت، چسبندگی، هدایت الکتریکی و قابلیت چاپ دارند که این خواص ارتباط نزدیکی به خواص سطح مواد دارند. از طرفی بیشتر الیاف که مصارف عمده ای را در صنعت نساجی دارند، خواص سطح را در حد مورد نظر دارا نیستند. به عنوان مثال پلی اولفین ها (الیاف پلی اتیلن و پلی پروپیلن) آب گریز می باشند و به علت عدم حضور پیوندهای قطبی در زنجیر پلیمری، دارای سطحی خنثی هستند [۳ و ۴]. فناوری های متعددی به منظور اصلاح خواص سطح الیاف نساجی به کار می روند که شامل روش های شیمیایی (نظیر هالوژن دار کردن و پیوند زدن زنجیرهای پلیمری بر سطح مواد در فاز مایع و گاز) و روش های فیزیکی (نظیر کرونا^۱ و پلاسما^۲) می باشند [۵-۷]. یکی از فرایندهای فیزیکی نوین اصلاح سطح که در کانادا و ژاپن به طور وسیعی مورد استفاده قرار می گیرد آمایش سطح پرتو فرابنفش/گاز اُزن می باشد. در این روش، سطح الیاف نساجی به طور هم زمان در معرض تابش پرتوی فرابنفش و جریان گاز اُزن قرار می‌گیرد. این روش برای

¹ Corona

² UV/Ozone

³ Ecofriendly

به کار بردند. نتایج نشان دادند که مقادیر انعکاس الیاف عمل آوری شده در مناطق پایین طول موج نور مرئی مخصوصاً در طول موج ۴۰۰ نانومتر کاهش یافته است تصاویر میکروسکوپ نیروی اتمی نیز نشان دادند که این فرایند، زبری در ابعاد نانو بر سطح الیاف پلی اتیلن ترفتالات ایجاد نموده است [۲۱]. آمایش سطح پرتو فرابنفش/گاز ازن باعث افزایش آب دوستی و قابلیت نفوذپذیری هوا در الیاف پشم می شود. همچنین پس از عمل آوری، به دلیل اکسید شدن پیوندهای سیستین^۴ در سطح الیاف، رادیکال های آزاد در سطح ایجاد می شوند. این پدیده باعث ایجاد پیوندهای کووالانس بین مولکول های رنگزا و لیف و افزایش عمق رنگرزی می شود [۲۳ و ۲۴]. گزارش شده است که دما ۵ ساعت بر الیاف جوت^۵ باعث افزایش رطوبت بازیافتی از ۱۰/۵٪ به ۲۲/۳٪ می شود [۲۵]. در این پژوهش از تابش پرتو فرابنفش/گاز ازن در شرایط مختلف به منظور آمایش سطح پارچه پلی اتیلن ترفتالات استفاده شده است.

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد

نمونه های این پژوهش از پارچه خام پلی اتیلن ترفتالات محصول شرکت نیچر وُرک آمریکا انتخاب شد (جدول ۱).

جدول ۱: ویژگی های پارچه پلی اتیلن ترفتالات.

خلوص	وزن	ضخامت	تراکم پودی ^۱ (ب)	تراکم تار ^۱ (بر)	چگالی خطی نخ	ساختار پارچه
(%)	(گرم بر متر مربع)	(میلی متر)			(دسی تکس بر فیلامنت)	
100	19.5	0.801	21	23	150/144	تافته ^۱

^۱ Interfacial adhesion

^۲ H pull-out testing

^۳ Cochineal

^۴ Cystine Linkage

^۵ Jute Fibers

^۶ LLC NatureWorks

چسبندگی سطحی^۱ الیاف پس از عمل آوری با استفاده از آمایش بیرون کشیدگی^۲ بررسی شد. نتایج آمایش نشان دادند که بیشینه نیروی بیرون کشیدگی الیاف پس از ۶ ساعت دما ۴۰ نیوتن به ۶۱ نیوتن افزایش می یابد [۱۷]. در کاری متفاوت در ۲۰۲۰، تابش پرتو فرابنفش برای بهبود رنگرزی الیاف پشم با رنگزای طبیعی قرمزانه^۳ به کار برده شد. نتایج نشان دادند که تابش فرابنفش با ایجاد گروه های —OH، —NH₂، —COOH و افزایش قطبیت سطح الیاف، تأثیر مثبت بر افزایش جذب رنگ و فعل و انفعالات بین مولکول های رنگزا و الیاف دارد [۱۸]. همچنین در چندین پژوهش خلاقانه در ۲۰۲۰، آمایش سطح پرتو فرابنفش/گاز ازن به منظور تولید نانوفیبریل های سلولز از الیاف پالپ به کار رفت [۱۹ و ۲۰]. گزارش شده است که آمایش سطح پرتو فرابنفش/گاز ازن از طریق ایجاد خوردگی سطح در بهبود زبردست زبر و خواص نامطلوب کشسانی الیاف پلی تری متیلن ترفتالات مفید است [۲۱]. همچنین بیان شده است که آمایش سطح پرتو فرابنفش/گاز ازن برای صمغ گیری از الیاف ابریشم روشی مناسب می باشد [۲۲]. دانشمندان در کاری متفاوت، به منظور اصلاح سطح الیاف پشم، ترفتالات هلد، متلد، تفتالات، آمایش سطح

۲-۲- آماده سازی نمونه ها

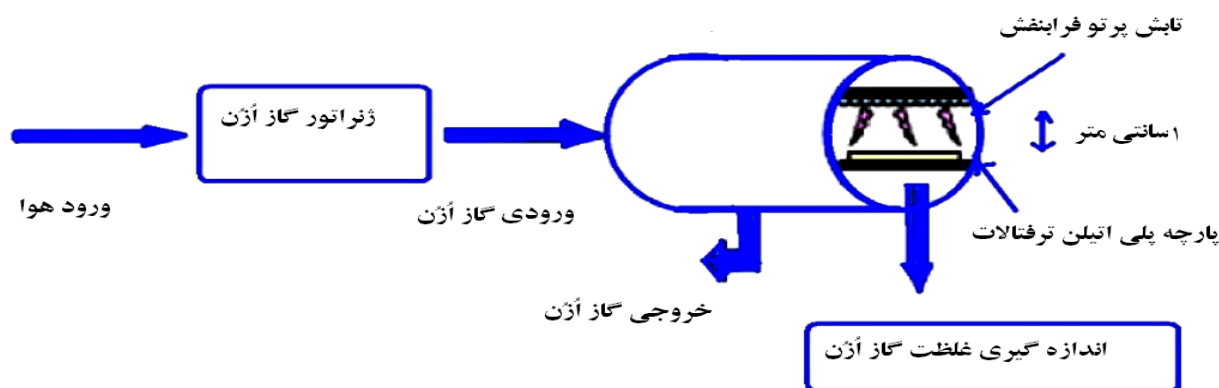
به منظور برطرف نمودن ناخالصی های پارچه، نمونه ها در محلول ۱ گرم بر لیتر فعال غیر یونی سیرا-وت^۱ با نسبت مایع به کالای ۵۰ به یک، در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه شست و شو شدند، سپس با آب سرد آبکشی گشتند و در دمای محیط و هوای آزاد بدون اعمال هیچ گونه تنش خشک شدند.

۲-۳- آمایش سطحی پرتو فرابنفش / گاز ازن

به منظور آمایش سطحی الیاف پلی اتیلن ترفتالات، از رآکتور تابش پرتو فرابنفش/گاز ازن استفاده شد

۳-۲-۱- رآکتور تابش پرتو فرابنفش / گاز ازن

این دستگاه شامل یک محفظه تابش با ۶ لامپ تولید کننده پرتو فرابنفش دارای شدت تابش ۱۱ میلی وات بر سانتی متر مربع است که به طور عمده در طول موج های ۱۸۵ و ۲۵۴ نانومتر تابش می نمایند و با خروجی دستگاه مولد گاز ازن مدل 2A COG ساخت شرکت آردا^۲فرانسه تولید کننده جریان ازن با سرعت ۱۰ گرم بر ساعت، تغذیه می شود. فاصله نمونه ها تا لامپ های مولد پرتو فرابنفش روی ۱ سانتی متر تنظیم شد و هر دو سمت پارچه تحت تابش قرار گرفتند (شکل ۱).



شکل ۱: طرح واره رآکتور تابش پرتو فرابنفش/گاز ازن

نور خروجی از لامپ در طول موج های ۱۸۵ و ۲۵۴ نانومتر، به وسیله مولکول های اکسیژن موجود در هوا جذب می شود و این مولکول های تفکیک شده، اکسیژن اتمی تولید میکند [۲۶ و ۲۷]. رادیکال های اکسیژن به آسانی با اکسیژن مولکولی واکنش خواهند داد و مولکول ازن تولید می گردد.

هم زمان نور خروجی از لامپ جیوه در طول موج ۲۵۳/۷ نانومتر، توسط مولکول های ازن جذب می گردد که باعث نورکافت^۳ این مولکول ها می شود و ازن به رادیکال های اکسیژن با قدرت واکنش پذیری بسیار بالا با طول عمر کوتاه و اکسیژن مولکولی تفکیک می گردد [۲۸ و ۲۹]. نورکافت در علم شیمی عبارت است

¹Sera wet CN-R
²ARDA Company
³ Photolysis

دقیقه تحت تابش پرتو فرابنفش/ گاز ازن قرار گرفت.

۲-۱-۳-۲- اثر هم افزایی بین تابش پرتو فرابنفش/ گاز

ازن و سیستم غوطه ورسازی/ فولارد هیدروژن پراکسید

پارچه پلی اتیلن ترفتالات پس از آغشته سازی در محلول

هیدروژن پراکسید(۳۵٪) با غلظت ۴ میلی لیتر بر لیتر با سرعت

۲ متر بر دقیقه، فشار ۱/۱ بار و میزان برداشت ۰.۷٪ فولارد شد،

سپس بلافاصله به مدت ۸۰ دقیقه تحت تابش پرتو فرابنفش/ گاز

ازن قرار گرفت.

۳-۱-۳-۲- اثر هم افزایی بین تابش پرتو فرابنفش/ گاز

ازن و سیستم غوطه ورسازی/ فولارد هیدروژن پراکسید و

سیلیکات سدیم

پارچه پلی اتیلن ترفتالات پس از آغشته سازی در محلول

هیدروژن پراکسید(۳۵٪) با غلظت ۴ میلی لیتر بر لیتر به همراه

سدیم سیلیکات (۷۲ درجه توادل) با غلظت ۷ گرم بر لیتر با

سرعت ۲ متر بر دقیقه، فشار ۱/۱ بار و میزان برداشت ۰.۷٪

فولارد شد، سپس بلافاصله به مدت ۸۰ دقیقه تحت تابش پرتو

فرابنفش/ گاز ازن قرار گرفت.

از تجزیه شیمیایی یک ماده شیمیایی به اجزای ساده تر آن در اثر

تابش یک پرتو نور که این پرتو نور به محدوده امواج نور

مرئی محدود نمی باشد و هر تابش موجی که حامل انرژی است

می تواند باعث این پدیده شود [30].

همان گونه که ازن به طور مداوم تولید و تخریب می شود،

غلظت ثابتی از اتم های اکسیژن داخل محفظه تشکیل

می گردند که به عنوان یک اکسیدکننده قوی عمل

می نمایند [۳۱ و ۳۲].

به منظور بهینه سازی اثر هم افزایی تابش پرتو فرابنفش/ گاز ازن

با مواد شیمیایی، فرایند تابش در سه روش مختلف به کار گرفته

شد (شکل ۲).

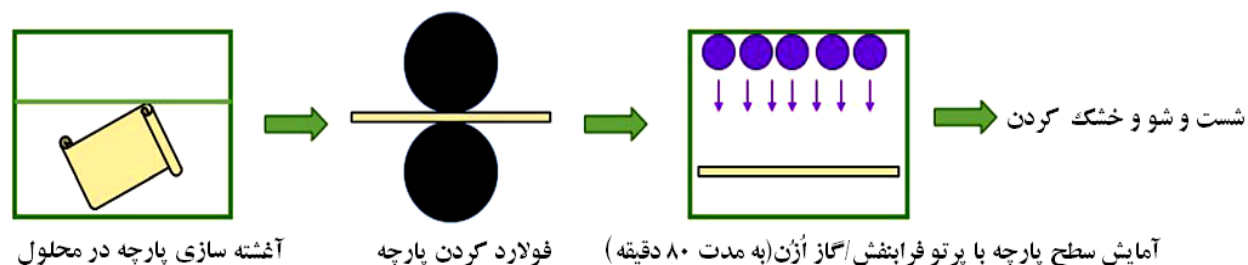
۱-۳-۲- اثر هم افزایی بین تابش پرتو فرابنفش/ گاز

ازن و سیستم غوطه ورسازی/ فولارد آب مقطر

پارچه پلی اتیلن ترفتالات پس از آغشته سازی در محلول آب

مقطر (pH ~ ۷) با سرعت ۲ متر بر دقیقه، فشار ۱/۱ بار و

میزان برداشت ۰.۷٪ فولارد شد، سپس بلافاصله به مدت ۸۰



شکل ۲: طرح واره آمایش سطحی پارچه پلی اتیلن ترفتالات با پرتو فرابنفش/ گاز ازن.

¹ Pad/batch

۲-۴- محاسبه ویژگی های رنگی

برای محاسبه ویژگی های رنگی پارچه پلی اتیلن ترفتالات پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن از دستگاه اسپکتروفوتومتر انعکاسی مدل تکس/فلش ساخت شرکت دیتا کالر آسویس با هندسه اندازه گیری 0/d استفاده شد.

۲-۵- طیف سنجی تبدیل فوریه زیر قرمز تجهیز شده با

بازتابش کلی کاهش یافته^۲

به منظور بررسی تغییرات ساختار شیمیایی الیاف از دستگاه طیف سنجی تبدیل فوریه زیر قرمز تجهیز شده با بازتابش کلی کاهش یافته مدل ۶۸۰ جاسکو^۴ ساخت آمریکا، استفاده شد. به منظور افزایش دقت اندازه گیری، هر نمونه ۲۵ بار اسکن شد و میانگین نمودارها ثبت گردید.

۲-۶- بررسی ریخت شناسی پارچه

جهت بررسی ریخت شناسی پارچه پلی اتیلن ترفتالات پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن از میکروسکوپ الکترونی روبشی^۵ مدل ایکس-ال^۶ ساخت شرکت فیلیپس^۷ هلند استفاده گردیده است (این نوع میکروسکوپ، با استفاده از پرتوهای الکترونی سطح نمونه را اسکن می کند و قادر به تهیه تصاویر با بزرگنمایی چند هزار برابر می باشد. لازم به ذکر است این میکروسکوپ تنها می تواند از سطح نمونه ها تصویر برداری نماید و از درون نمونه ها اطلاعاتی به دست نمی دهد).

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مشخصه های رنگی

برای مقایسه اندیس سفیدی و زردی و همچنین ته رنگ پارچه های پلی اتیلن ترفتالات پس از آمایش سطحی در شرایط مختلف، اندیس سفیدی و ته رنگ نمونه ها با استفاده از فرمول ۱ و ۲ محاسبه شد:

$$WI = Y + 800(x_n - x) + 1700(y_n - y) \quad (1)$$

$$T_w = 900(x_n - x) - 650(y_n - y) \quad (2)$$

که در آن، Y روشنایی پارچه ها را نشان می دهد و x و y مولفه های کروماتیسیتی نمونه و (x_n, y_n) نیز مختصات پراکنده ایده آل (نقطه آکروماتیک) همواره زیر منبع نوری D65 هستند. بر اساس فرمول اندیس سفیدی CIE، نمونه ها در صورتی که شاخص سفیدی^۸ و ته رنگ^۹ آنها مطابق محدودیت های تعیین شده توسط معادله های (۳) و (۴) باشد، سفید محسوب می شوند.

$$40 < WI < (5Y - 280) \quad (3)$$

$$-4 < T_w < +2 \quad (4)$$

بنابراین، پارچه پلی اتیلن ترفتالات پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن در شرایط مختلف نیز سفید محسوب می شوند. اندیس سفیدی و زردی، ته رنگ و نمونه پارچه های پلی اتیلن ترفتالات، قبل و بعد از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن در جدول ۲ مشاهده می شوند.

¹ Tex/flash

² Data color

³ ATR-FTIR

⁴ Jasco ,680

⁵ SEM

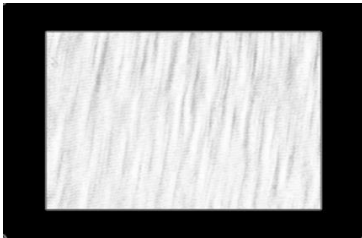
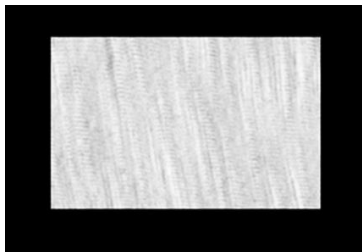
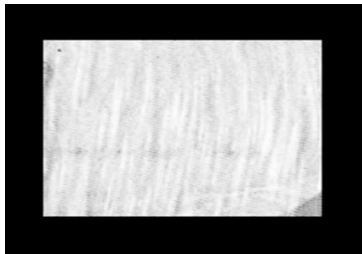
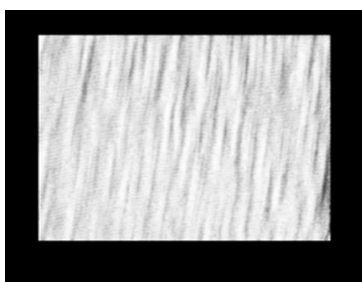
⁶ XL30

⁷ Philips

⁸ WI

⁹ Tw

جدول ۲: اندیس سفیدی، اندیس زردی، ته رنگ و روشنایی پارچه های پلی اتیلن ترفتالات پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز اُزن.

Tw	Y	YI	WI	نمونه ها	نوع آمایش سطح
-0.2 (خنثی)	93.71	2.27	80.9		شست و شو
0.7 (ته رنگ زرد- سبز)	92.08	7	67.9		آغشته سازی در محلول آب مقطر + تابش پرتو فرابنفش + دمش گاز اُزن
0.5 (ته رنگ زرد- سبز)	92.52	5.94	71.6		آغشته سازی در محلول آب اکسیژنه + تابش پرتو فرابنفش + دمش گاز اُزن
0.3 (ته رنگ زرد- سبز)	93.92	6.25	69.5		آغشته سازی در محلول آب اکسیژنه و سیلیکات سدیم + تابش پرتو فرابنفش + دمش گاز اُزن

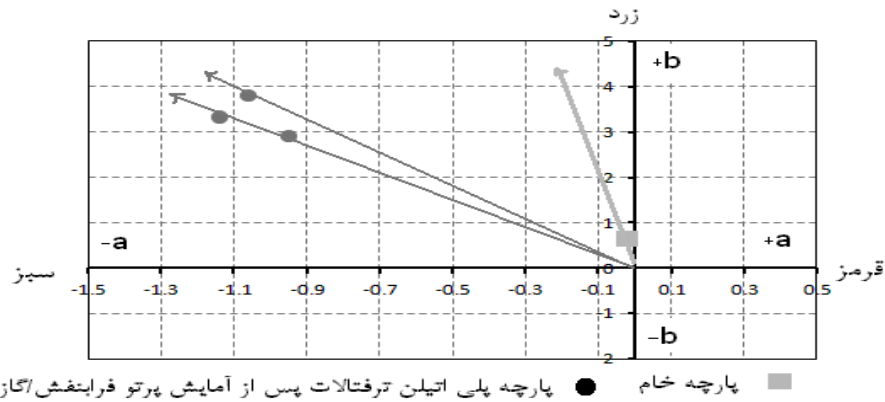
بررسی توزیع نمونه ها که در ناحیه دوم فام واقع شده اند مشخص می شود که پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز اُزن تغییری در توزیع نمونه ها در دیاگرام a^*b^* از فضا رنگ CIELAB رخ نداده است و تغییر فقط در ته رنگ نمونه ها از سفید (خنثی) به سفید ته زرد می باشد.

شکل ۳، رفتار رنگی نمونه ها را در دیاگرام a^*b^* ، از فضا رنگ CIELAB نشان می دهد. محور a^* از مقادیر مثبت تا منفی به ترتیب بیانگر میزان قرمز بودن تا سبز بودن نمونه هاست و محور b^* نیز از مقادیر مثبت تا منفی بیانگر زرد تا آبی بودن نمونه هاست. مطابق شکل ۲ و با

¹ Natural

² Yellow-Green tinge

³ Yellowish white



شکل ۳: توزیع نمونه های پارچه پلی اتیلن ترفتالات قبل و پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن در دیاگرام a^*b^* از فضا رنگ CIELAB.

انگشت ترکیب های شیمیایی است. دستگاه طیف سنجی تبدیل فوریه زیر قرمز تجهیز شده با بازتابش کلی کاهش یافته، پیک های جذبی را در محدوده عدد موج ۷۰۰-۴۰۰۰ بر سانتیمتر تعیین می کند. این روش، ابزاری مناسب جهت مطالعه ساختار سطح مواد پلیمری است. از آنجاییکه ویژگی های سطح الیاف و منسوجات بر اثر هر نوع فرایند فیزیکی و شیمیایی ممکن است تغییر کند و گروه های شیمیایی جدیدی در سطح تشکیل شوند، این روش طیف سنجی، مناسب ترین و ساده ترین روش جهت شناسایی و بررسی تغییرات در ساختار سطح منسوجات خواهد بود.

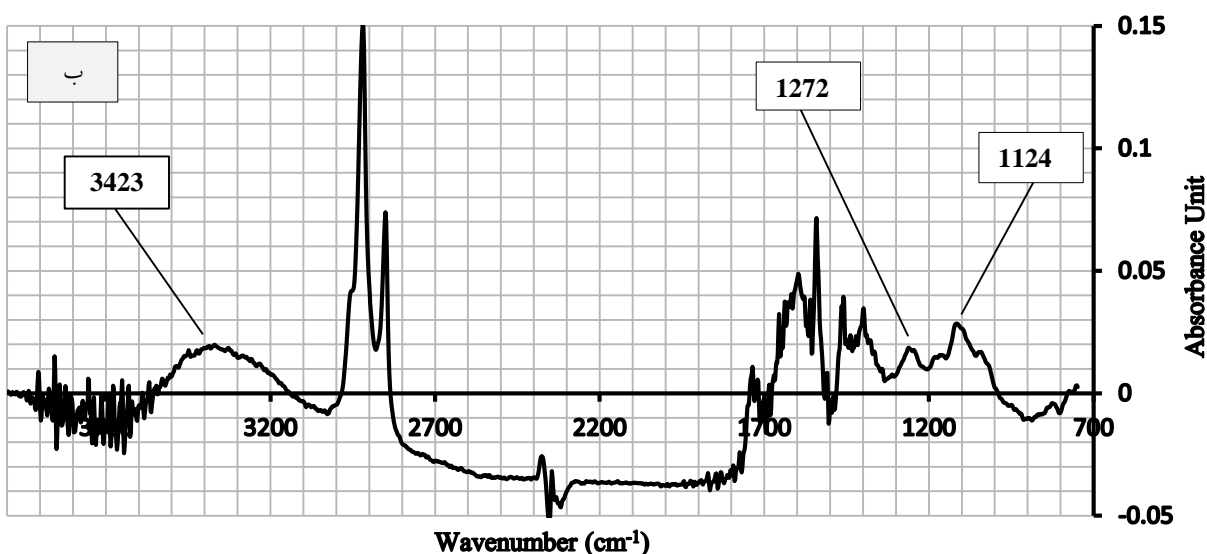
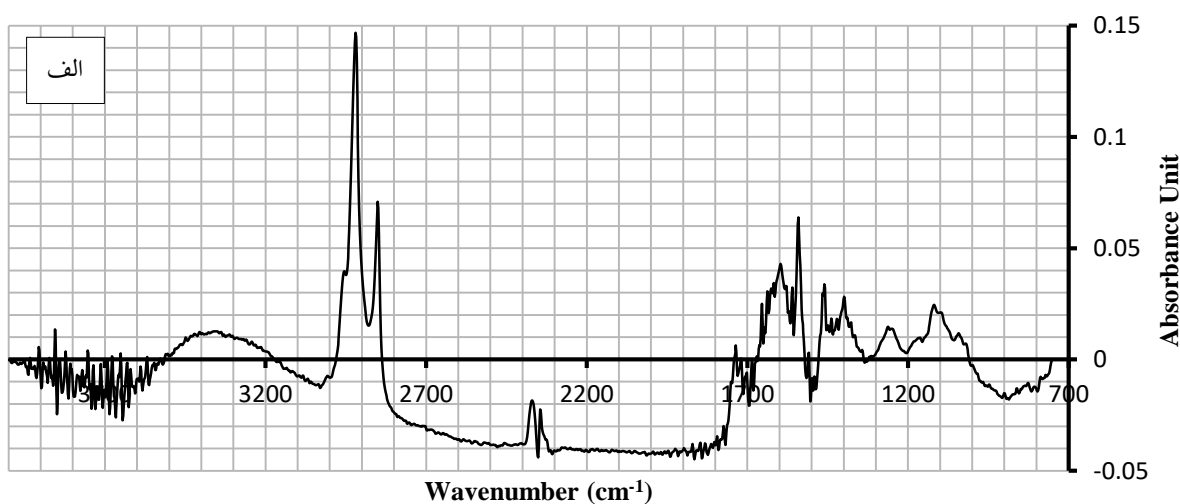
پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن می باشد. تابش الیاف و فیلم های پلیمری توسط یک منبع تابش، بر اساس شرایط تابش و طبیعت شیمیایی پلیمر تغییراتی در خواص فیزیکی و شیمیایی آن ها ایجاد می نماید [۳۳]. آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن در حقیقت یک فرآیند اکسید شدن است که می تواند مولکول های سطح مورد تابش را

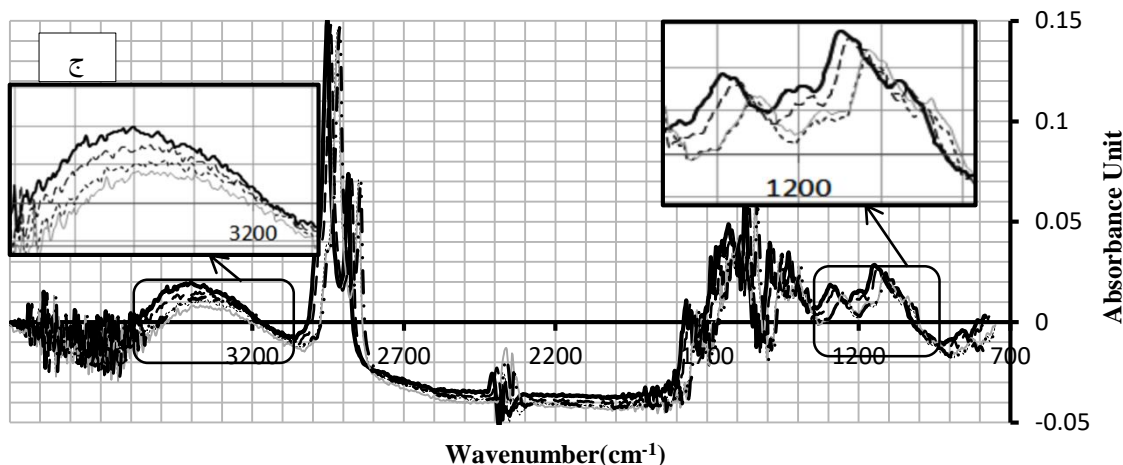
۳-۲- ساز و کار شیمیایی آمایش سطح پارچه پلی اتیلن ترفتالات: بررسی طیف تبدیل فوریه زیر قرمز تجهیز شده با بازتابش کلی کاهش یافته

طیف سنجی تبدیل فوریه زیر قرمز تجهیز شده با بازتابش کلی کاهش یافته، یک ابزار قوی است که جهت شناسایی پیوندهای شیمیایی مختلف در یک مولکول، از طریق جذب پرتو زیر قرمز به کار می رود. این روش می تواند برای شناسایی مواد آلی و یا معدنی مفید باشد. از آنجایی که هر پیوند دارای فرکانس ارتعاشی طبیعی خاصی است، بنابر این هیچ گاه دو مولکول با ساختارهای مختلف طیف مشابهی نمی دهند و این طیف اثر شکل ۴ طیف تبدیل فوریه زیر قرمز تجهیز شده با بازتابش کلی کاهش یافته پارچه پلی اتیلن ترفتالات خام و پارچه پلی اتیلن ترفتالات پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن در شرایط مختلف را نشان می دهد. پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن، نوارهای جذبی شدیدتری مربوط به ارتعاشات کششی O-H (۳۴۲۳ بر سانتیمتر) ایجاد شده است. همچنین

تهییج نماید [۳۴ و ۳۵]. تابش پرتو فرابنفش پتانسیل قابل توجهی برای اصلاح نور شیمیایی پلیمرها دارد [۳۶]. انرژی فوتون پرتو فرابنفش، برای ایجاد تغییرات شیمیایی در ساختار بسیاری از پلیمرها کافی است. پرتو فرابنفش با طول موج‌هایی از ۱۸۴ تا ۳۶۵ نانومتر به وسیله لامپ های زنون و یا لامپ بخار جیوه در فشار پایین تولید می گردد [۳۷-۳۹].

جذب قوی تری در محل پیوندهای C-O-O (۱۱۲۴/۴ بر سانتیمتر) مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده شکل‌گیری گروه‌های الکلی می باشد. آمایش سطح پارچه پلی اتیلن ترفتالات با پرتو فرابنفش/گاز ازن باعث ایجاد گروه‌های $\text{CH}_3\text{C}=\text{O}$ (باند جذبی در ۱۲۷۲ بر سانتیمتر) نیز می‌شود. این امر نشان‌دهنده فرایند اکسیدشدن پارچه پلی اتیلن ترفتالات





شکل ۴: طیف تبدیل فوریه زیر قرمز تجهیز شده با بازتابش کلی کاهش یافته پارچه پلی اتیلن ترفتالات:

(الف) طیف پارچه خام، (ب) طیف پارچه پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن،

(ج) به صورت مقایسه ای: — طیف پارچه پس از آغشته سازی در محلول آب اکسیژنه/سیلیکات سدیم و آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن؛ ——— طیف پارچه پس از آغشته سازی در محلول آب مقطر و آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن؛ طیف پارچه پس از آغشته سازی در محلول آب مقطر و آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن؛ طیف پارچه خام.

هیدروپراکسید را روی سطح به وجود می آورند [۴۳-۴۵].

۳-۳- ساز و کار فیزیکی آمایش سطح پارچه پلی اتیلن

ترفتالات: بررسی ریخت شناسی پارچه به وسیله

میکروسکوپ الکترونی روبشی

ریخت شناسی سطح پارچه پلی اتیلن ترفتالات پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی ارزیابی شد. همان طور که در شکل ۵-الف مشخص است، الیاف پلی اتیلن ترفتالات پس از شست و شو سطحی صاف و هموار دارند. همچنین ملاحظه می شود که پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن تغییر شایان توجهی در شکل سطح الیاف ایجاد شده است، به طوریکه سطح الیاف تخریب شده، منفذها، حفره ها، گسل ها و شیارهایی بر سطح آن ها به وجود آمده است (شکل ۵-ب، ۵-ج و ۵-د).

شکل گیری گروه های شیمیایی جدید بر سطح الیاف به عنوان

عامل کلیدی در آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن شناخته

می شود. هنگامی که الیاف و فیلم های پلیمری در معرض پرتو

فرابنفش قرار می گیرند، ابتدا مولکول های سطح نمونه برانگیخته

می شوند و شکست پیوندهای کووالانسی در زنجیرهای پلیمری از

جمله پیوندهای کربن-کربن و کربن-هیدروژن و کربن-اکسیژن

رخ می دهد و رادیکال هایی بر سطح پلیمر تشکیل می شود [۲۴ و

۴۰ و ۴۱]. از طرف دیگر اکسیژن اتمی و مولکول های ازن، اجزاء

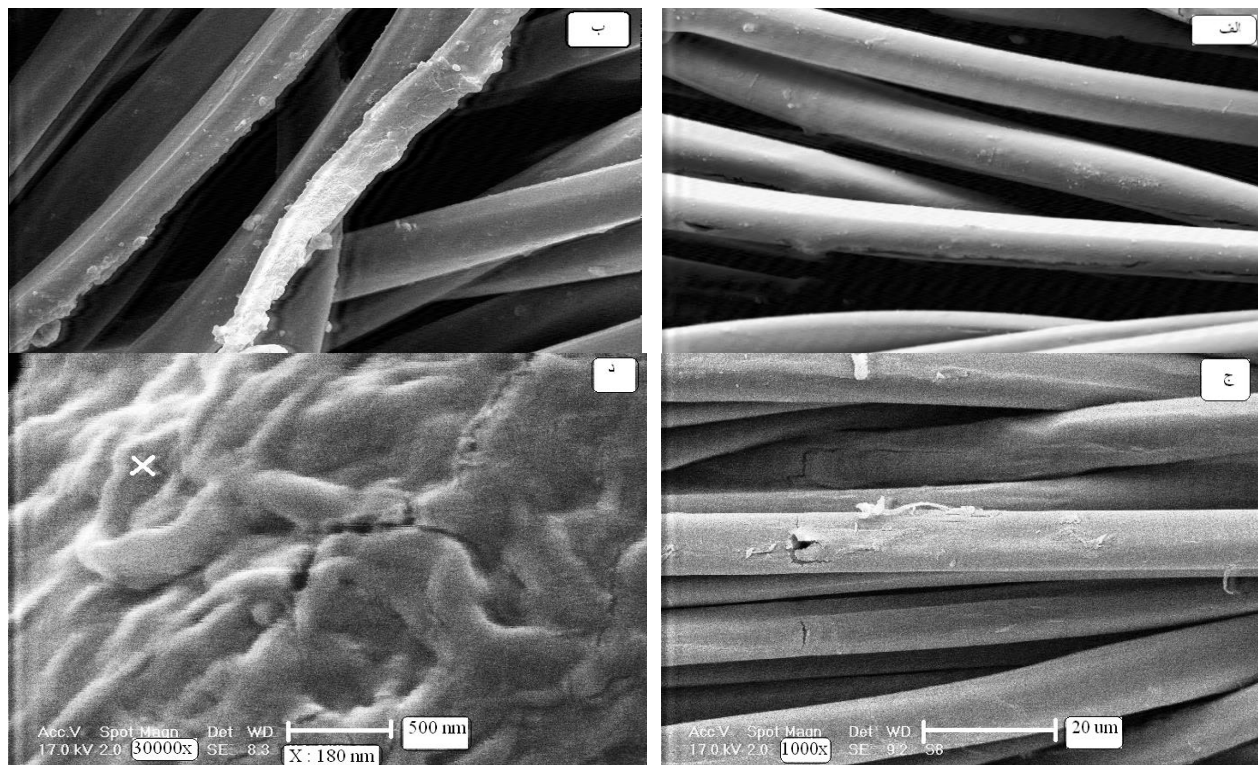
تهییج شده و واکنش پذیری هستند که از فعالیت بالایی برخوردار

می باشند [۴۲]. این عوامل اکسند با مولکول های برانگیخته و

رادیکال های موجود بر سطح الیاف و فیلم های پلیمری، واکنش

می دهند و گروه های عاملی و واکنش پذیر اکسیژن دار، مانند

کربونیل، پراکسی، کربوکسیلیک اسید، هیدروکسیل و



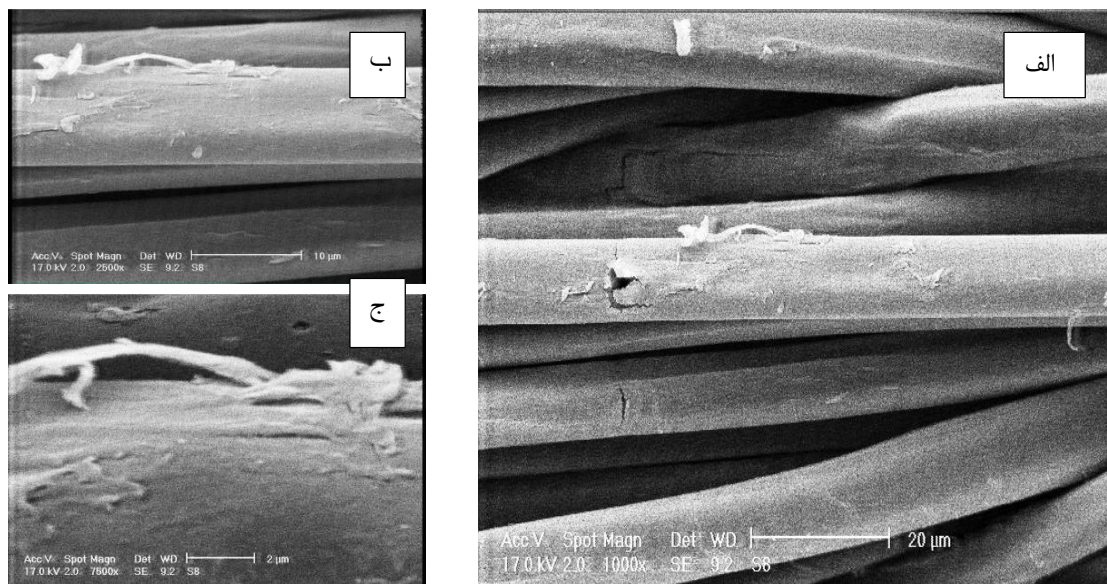
شکل ۵: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پارچه پلی اتیلن ترفتالات؛

الف) پس از فرایند شست و شو (بزرگ نمایی: $1000\times$)، (ب) پس از آغشته سازی در محلول آب مقطر و آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن (بزرگ نمایی: $1000\times$)، (ج) پس از آغشته سازی در محلول آب اکسیژنه و آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن (بزرگ نمایی: $1000\times$)، (د) پس از آغشته سازی در محلول آب اکسیژنه / سیلیکات سدیم و آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن (بزرگ نمایی: $3000\times$).

این ناهمواری های سطحی به دلیل پدیده کندگی فیزیکی ایجاد شده به وسیله بمباران سطحی یون های درون محفظه می باشد. کندگی فیزیکی یکی از روش های قدیمی است که در بیشتر موارد برای فلزات مورد استفاده قرار می گیرد. در موادی که کندگی شیمیایی^۲ نتیجه بخش نیست، پدیده های فیزیکی را می توان به کار برد. کندگی فیزیکی دارای این مزیت است که سطح نمونه را از هرگونه پسماند شیمیایی عاری می نماید. از نمونه های مناسب برای کندگی فیزیکی می توان به سطوح صاف

^۱ Physical Etching

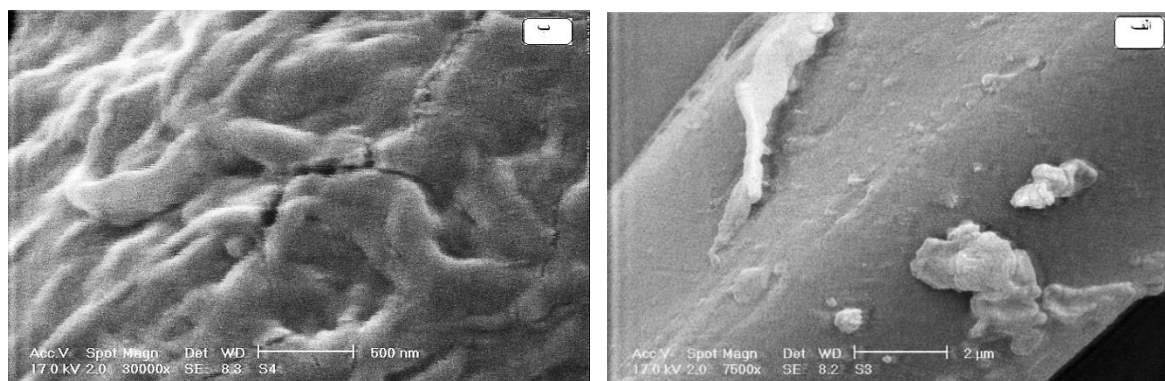
^۲ Chemical Etching



شکل ۶: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پارچه پلی اتیلن ترفتالات پس از آغشته سازی در محلول آب اکسیژنه و آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن (الف) بزرگ نمایی $1000\times$ ، (ب) بزرگ نمایی $2500\times$ و (ج) بزرگ نمایی $7500\times$.

قطری با ابعاد نانومتری دارند و به صورت یکنواخت روی سطح پخش شده‌اند [۴۷]. شکل ۷ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح پارچه پلی اتیلن ترفتالات پس از آغشته سازی در محلول آب اکسیژنه/سیلیکات سدیم قبل و پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن نشان می‌دهد.

این تغییرات بیشتر به شکل حفره، منفذ، شیار، گسل و خلل و فرج می‌باشند [۱۰]. در برخی موارد لایه سطحی الیاف و فیلم‌های پلیمری به صورت ناهمگن در هم شکسته می‌شود و شکل قله و دره به وجود می‌آید. در مواردی نیز تغییرات سطح نمونه‌ها با ایجاد کانال‌هایی افقی می‌باشند که



شکل ۷: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پارچه پلی اتیلن ترفتالات؛ (الف) پس از آغشته سازی در محلول آب اکسیژنه/سیلیکات سدیم (بزرگ نمایی: $7500\times$)، (ب) پس از آغشته سازی در محلول آب اکسیژنه/سیلیکات سدیم و آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن (بزرگ نمایی: $30000\times$).

نگارنده مراتب تقدیر خود را از دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی اصفهان و قطب علمی نساجی بابت حمایت‌ها اعلام می‌دارد.

۶-مراجع

- [1] Athulya Wickramasingha, Y, Dharmasiri, B, Randall, JD, Yin, Y, Andersson, GG, Nepal, D, Surface modification of carbon fiber as a protective strategy against thermal degradation. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 2022;153:106740.
- [2] Pornwannachai W, Horrocks AR, Kandola BK. Surface Modification of Commingled Flax/PP and Flax/PLA Fibres by Silane or Atmospheric Argon Plasma Exposure to Improve Fibre–Matrix Adhesion in Composites. *Fibers* 2022;10.
- [3] Putra AEE, Renreng I, Arsyad H, Bakri B. Investigating the effects of liquid-plasma treatment on tensile strength of coir fibers and interfacial fiber-matrix adhesion of composites. *Composites Part B: Engineering* 2020;183:107722.
- [4] Li Y, Ross AE. Plasma-treated carbon-fiber microelectrodes for improved purine detection with fast-scan cyclic voltammetry. *Analyst* 2020;145:805-15.
- [۵] غلامیان ه. بهبود چسبندگی پوشش‌های رنگی به چوب با استفاده از آمایش سطحی پلاسما. علوم و فناوری رنگ ۲۰۲۰؛ ۴۱:۱۴-۷
- [6] Ghafoor B, Schrekker HS, Morais J, Amico SC. Surface modification of carbon fiber with imidazolium ionic liquids. *Composite Interfaces* 2022:1-13.
- [۷] حاجی ا. مرور بر اصلاح سطحی الیاف پشم به کمک فناوری پلاسما و اثر آن بر خواص رنگرزی این لیف. علوم و فناوری نساجی و پوشاک ۲۰۱۵؛ ۳۵:۴۳-۵۰
- [8] Le-The H, Tiggelaar RM, Berenschot E, van den Berg A, Tas N, Eijkel JCT. Postdeposition UV-Ozone Treatment: An Enabling Technique to Enhance the Direct Adhesion of Gold Thin Films to Oxidized Silicon. *ACS Nano* 2019;13:6782-9.
- [۹] فتاحی ف، تحلیل کمی طیف زیر قرمز تبدیل فوریه پلی لاکتیک اسید پس از تابش پرتو فرابنفش/گاز ازن. علوم و فناوری نساجی و پوشاک ۲۰۱۹؛ ۴۷:۵۵-۸۰
- [10] Dawo, C, Afroz, MA, Iyer, PK, Chaturvedi, H. Effect of UV-ozone exposure on the dye-sensitized solar cells performance. *Solar Energy* 2020;208:212-9.
- [11] Kohli, R. Chapter 9 - Applications of UV-Ozone Cleaning Technique for Removal of Surface Contaminants. In: Kohli R, Mittal KL, editors. *Developments in Surface Contamination and Cleaning: Applications of Cleaning Techniques*; Elsevier; 2019. p. 355-90

همانطور که مشاهده می شود آغشته سازی در محلول آب اکسیژنه/سیلیکات سدیم باعث ایجاد کندگی فیزیکی نمی شو . با این وجود نایکنواختی های بسیار کوچکی روی سطح الیاف مشاهده می شود. این نایکنواختی ها به ناخالصی هایی مربوط است که به طور کامل در فرایند شست و شو از سطح پارچه بر طرف نشده اند. حالت کندگی فیزیکی فقط پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن به دلیل بمباران یون ها و رادیکال های موجود در محفظه تابش رخ می دهد.

۴-نتیجه گیری

آمایش سطح پارچه پلی اتیلن ترفتالات با پرتو فرابنفش/گاز ازن به منظور اصلاح خواص سطح انجام شد. بررسی خواص ریزساختاری، نشان دهنده شکل گیری گروه های جدید واکنش پذیر (گروه های الکلی) و ایجاد ناهموازی های سطحی (کندگی فیزیکی) در سطح پارچه می باشد. همچنین مطالعه اندیس سفیدی و زردی و ته رنگ نمونه هادر فضا رنگ CIELAB نشان می دهد که پس از آمایش سطحی پرتو فرابنفش/گاز ازن نیز پارچه پلی اتیلن ترفتالات سفید محسوب می شود و تغییری در توزیع نمونه ها در دیاگرام a^*b^* رخ نداده است. پیشنهاد می شود در پژوهش های آتی اثر آمایش سطح پرتو فرابنفش/گاز ازن بر خواص مکانیکی پارچه (ازدیاد طول و استحکام) بررسی شود.

۵-تشکر و قدردانی

¹ Ion bombardment

- [12] Rosa, JM, Tambourgi, EB, Vanalle, RM, Carbajal, Gamarra FM, Curvelo Santana JC, Araújo MC. Application of continuous H₂O₂/UV advanced oxidative process as an option to reduce the consumption of inputs, costs and environmental impacts of textile effluents. *Journal of Cleaner Production* 2020;246:119012.
- [13] Oluwabi AT, Gaspar D, Katerski A, Mere A, Krunk M, Pereira L, et al. Influence of Post-UV/Ozone Treatment of Ultrasonic-Sprayed Zirconium Oxide Dielectric Films for a Low-Temperature Oxide Thin Film Transistor. *Materials (Basel)* 2019;13:6.
- [14] Quan D, Deegan B, Byrne L, Scarselli G, Ivanković A, Murphy N. Rapid surface activation of carbon fibre reinforced PEEK and PPS composites by high-power UV-irradiation for the adhesive joining of dissimilar materials. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 2020;137:105976.
- [15] Yasuda K, Okazaki Y, Abe Y, Tsuga K. Effective UV/Ozone irradiation method for decontamination of hydroxyapatite surfaces. *Heliyon* 2017;3:e00372.
- [16] Lu H-W, Kao P-C, Juang Y-D, Chu S-Y. The effects of ultraviolet-ozone-treated ultra-thin MnO-doped ZnO film as anode buffer layer on the electrical characteristics of organic light-emitting diodes. *Journal of Applied Physics* 2015;118:185501.
- [17] Wang L, Gao S, Wang J, Wang W, Zhang L, Tian M. Surface modification of UHMWPE fibers by ozone treatment and UV grafting for adhesion improvement. *The Journal of Adhesion* 2018;94:30-45.
- [18] Sadeghi-Kiakhani M, Safapour S, Sabzi F, Tehrani-Bagha AR. Effect of Ultra Violet (UV) Irradiation as an Environmentally Friendly Pre-Treatment on Dyeing Characteristic and Colorimetric Analysis of Wool. *Fibers and Polymers* 2020;21:179-87.
- [19] Wen Y, Yuan Z, Qu J, Wang C, Wang A. Evaluation of Ultraviolet Light and Hydrogen Peroxide Enhanced Ozone Oxidation Treatment for the Production of Cellulose Nanofibrils. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 2020;8:2688-97.
- [20] Wang C, Yuan Z, Wang A, Qu J, Fang Z, Wen Y. Ultraviolet light enhanced sodium persulfate oxidation of cellulose to facilitate the preparation of cellulose nanofibers. *Cellulose* 2020;27:2041-51.
- [21] Jang J, Jeong Y. Nano roughening of PET and PTT fabrics via continuous UV/O₃ irradiation. *Dyes and Pigments* 2006;69:137-43.
- [22] Rastogi S, Kandasubramanian B. Processing trends of silk fibers: Silk degumming, regeneration and physical functionalization. *The Journal of The Textile Institute* 2020:1-17.
- [23] fattahi FK, A; Izadan, H. A Review on Poly(lactic acid) Fibre Fabrics Finishing Processes: Plasma Treatments, UV/Ozone Irradiation, Superhydrophobic surface Manufacturing, Enzymatic Treatment. *Journal of Textile Science and Technology* 2017;6:19-26.
- [24] Rajendran Royan NR, Sulong AB, Yuhana NY, Chen RS, Ab Ghani MH, Ahmad S. UV/O₃ treatment as a surface modification of rice husk towards preparation of novel biocomposites. *PLoS One* 2018;13:e0197345-e.
- [25] Maqsood HS, Bashir U, Wiener J, Puchalski M, Sztajnowski S, Militky J. Ozone treatment of jute fibers. *Cellulose* 2017;24:1543-53.
- [26] Froning JP, Lazar P, Pykal M, Li Q, Dong M, Zbořil R, et al. Direct mapping of chemical oxidation of individual graphene sheets through dynamic force measurements at the nanoscale. *Nanoscale* 2017;9:119-27.
- [27] Choi S, Kim W, Shin W, Oh J, Jin S, Jung YM, et al. Effects of UV-ozone treatment on the electronic structures of F8BT and PFO polymeric thin films. *Current Applied Physics* 2020;20:1359-65.
- [28] Gao M, Schoenfeld W, Zin NEDCLT-PALF, Yang B. UV-Ozone Oxide Treatment for Improved Surface Passivation. OSA Advanced Photonics Congress (AP) 2020 (IPR, NP, NOMA, Networks, PVLED, PSC, SPPCom, SOF). Washington, DC: Optical Society of America; 2020. p. PvTu2G.5.
- [29] Summerfelt ST. Ozonation and UV irradiation—an introduction and examples of current applications. *Aquacultural Engineering* 2003;28:21-36.
- [30] Kim J, Kim J, Ahn B, Hassinen T, Jung Y, Ko S. Optimization and improvement of TIPS-pentacene transistors (OTFT) with UV-ozone and chemical treatments using an all-step solution process. *Current Applied Physics* 2015;15:1238-44.
- [31] Santos ER, Moraes JIBd, Takahashi CM, Sonnenberg V, Burini EC, Yoshida S, et al. Low cost UV-Ozone reactor mounted for treatment of electrode anodes used in P-OLEDs devices. *Polímeros* 2016;26:236-41.
- [32] Deng S-h, Lu H, Li DY. Influence of UV light irradiation on the corrosion behavior of electrodeposited Ni and Cu nanocrystalline foils. *Scientific Reports* 2020;10:3049.
- [33] Shoueir K, Kandil S, El-hosainy H, El-Kemary M. Tailoring the surface reactivity of plasmonic Au@TiO₂ photocatalyst bio-based chitosan fiber towards cleaner of harmful water pollutants under visible-light irradiation. *Journal of Cleaner Production* 2019;230:383-93.
- [34] Jung K, Kim DH, Kim J, Ko S, Choi JW, Kim KC, et al. Influence of a UV-ozone treatment on amorphous SnO₂ electron selective layers for highly efficient planar MAPbI₃ perovskite solar cells. *Journal of Materials Science & Technology* 2020;59:195-202.
- [35] Prasetyaningrum A, Widayat W, Jos B, Dharmawan Y, Ratnawati R. UV Irradiation and Ozone Treatment of κ-Carrageenan: Kinetics and Products Characteristics. 2020:12.
- [36] Nascimento RF, Silva AOd, Weber RP, Monteiro SN. Influence of UV radiation and moisture associated with natural weathering on the ballistic performance of aramid fabric armor. *Journal of Materials Research and Technology* 2020;9:10334-45.

- [37] Kämäräinen T, Arcot LR, Johansson L-S, Campbell J, Tammelin T, Franssila S, et al. UV-ozone patterning of micro-nano fibrillated cellulose (MNFC) with alkylsilane self-assembled monolayers. *Cellulose* 2016;23:1847-57.
- [38] Senatova SI, Senatov FS, Kuznetsov DV, Stepashkin AA, Issi JP. Effect of UV-radiation on structure and properties of PP nanocomposites. *Journal of Alloys and Compounds* 2017;707:304-9.
- [39] Choi S, Kim W, Shin W, Oh J, Jin S, Jung YM, et al. Effects of UV-ozone treatment on the electronic structures of F8BT and PFO polymeric thin films. *Current Applied Physics* 2020;20:1359-65.
- [40] Kato, Y, Jung M-C, Lee MV, Qi Y. Electrical and optical properties of transparent flexible electrodes: Effects of UV ozone and oxygen plasma treatments. *Organic Electronics* 2014;15:721-8.
- [41] Wang, X, Li M, Feng G, Ge M. On the mechanism of conductivity enhancement in PEDOT:PSS/PVA Physics A 2020;126:184.
- blend fiber induced by UV-light irradiation. *Applied*
- [42] Park S-J, Park S-J. Effect of ozone-treated single-walled carbon nanotubes on interfacial properties and fracture toughness of carbon fiber-reinforced epoxy composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 2020;137:105937.
- [43] Benli H, Bahtiyari Mİ. Combination of ozone and ultrasound in pretreatment of cotton fabrics prior to natural dyeing. *Journal of Cleaner Production* 2015;89:116-24.
- [44] Sun, C, Zeng, R, Zhang, J, Qiu ZJ, Wu D. Effects of UV-Ozone Treatment on Sensing Behaviours of EGFETs with Al₂O₃ Sensing Film. *Materials* 2017;10.
- [45] Mulyana Y, Uenuma M, Ishikawa Y, Uraoka Y. Reversible Oxidation of Graphene Through Ultraviolet/Ozone Treatment and Its Nonthermal Reduction through Ultraviolet Irradiation. *The Journal of Physical Chemistry C* 2014;118:27372-81.
- [۴۶] فتاحی ف، موسوی شوستری سا. مقدمه‌ای بر عمل‌آوری با تابش فرابنفش/ازن و کاربرد آن در مهندسی سطح الیاف و فیلم‌های پلیمری. مطالعات در دنیای رنگ ۲۰۲۰؛۶۵:۱۰-۷۶
- [47] Fattahi, FS. A Comparative Study on the Environmental Friendly Bleaching Processes of Poly(lactic acid) Substrate: Application of Ultraviolet/O₃/H₂O₂ System. *Progress in Color, Colorants and Coatings* 2022;15:143-56.