



تولید و بررسی راحتی پارچه شبه گورتکس با لایه میانی نانوالیاف پلی یورتان

مرضیه میرزایی باغینی^۱، مریم یوسفزاده^۱، علی اکبر قره آغاجی^۱

چکیده

پارچه‌های چندلایه مانند گورتکس که دارای ویژگی‌هایی همچون ضدآب، ضدباد و تنفس پذیری هستند در کاربردهای مختلفی از جمله پوشاک محافظ بسیار مورد توجه است. در این پژوهش از یک پارچه تجاری استفاده شده است که با تغییر لایه میانی به لایه نانولیفی پلییورتان و تغییر ضخامت آن و نیز استفاده از الکتروپاشی پلیمر پلی‌وینیل استات به منظور ایجاد چسبندگی و انجام عملیات فیوزینگ جهت برقراری اتصالات میان لایه‌ها، نمونه‌ای از پارچه سه‌لایه شبه گورتکس تولید شد. سپس خواص راحتی پوشاک با استفاده از آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی بررسی شد. استفاده از لایه نانولیفی در مقایسه با پارچه تجاری، میزان سختی خمشی را ۷۷ درصد کاهش و تنفس پذیری را به دو برابر افزایش و در مقایسه با پارچه مینا، میزان گذردهی هوا را به ۷۲ درصد کاهش رسانده است. مشاهده شد که افزایش ضخامت غشاء نانولیفی، منجر به کاهش گذردهی هوا شده است و در میزان تنفس پذیری، سختی خمشی و چسبندگی لایه تغییراتی ایجاد نکرده است که می‌تواند انتخاب مناسبی برای لباس‌های محافظ ضدباد نیز باشد.

۱- مقدمه

یک دقیقه) و حتی کمتر از آن می‌باشد. به این ترتیب می‌توان ادعا کرد که پوشاک تهیه شده از پارچه‌های گورتکس، ویژگی‌های مؤثر برای راحتی را دارا هستند. کاربرد به تنهایی غشاء نانولیفی به علت استحکام پایین، در مصارف پوشاک توصیه نمی‌شود. بنابراین لازم است در میان لایه‌های مختلف پارچه‌های مناسب با استفاده از فرآیند لایه‌گذاری استفاده شود. یکی از ساده‌ترین و پرمصرفترین روش‌های لایه‌گذاری و اتصال لایه‌ها به یکدیگر، استفاده از فیوزینگ است. دمای فیوزینگ باید بهینه باشد، اگر دما بالا انتخاب شود، سبب آسیب رسیدن به لایه‌ها می‌شود و اگر دما پایین انتخاب شود، استحکام اتصال ایجاد شده کافی نخواهد بود. در این پژوهش لایه نانولیفی پلی یورتان به عنوان غشاء محافظ بین دو لایه پارچه دیگر در شرایط مشابه پارچه تجاری قرار داده شد و برخی از مهم‌ترین عوامل راحتی بررسی شد.

پلیمر ترموپلاستیک پلییورتان TPU یکی از پلیمرهای پرکاربرد در صنایع نساجی و پزشکی است. مزایای مورد توجه آن، مقاومت کششی عالی، انعطاف پذیری خوب در برابر ازدیاد طول و خواص خوب چسبندگی می‌باشد. در صنعت نساجی از این پلیمر در ساختارهای نانولیفی در پارچه‌های تنفس‌پذیر و ضدآب، فیلتراسیون و پارچه‌های نظامی استفاده می‌شود. پلیمر پلیوینیل استات (PVAc) برای ایجاد استحکام غشاء نانولیفی و همچنین چسبندگی لازم بین لایه‌های پارچه، نقش به‌سزایی دارد.

پارچه‌های تنفس‌پذیر و ضدآب چندلایه، همچون گورتکس در پوشاک ورزشی (کوهنوردی، اسکی، دو و میدانی و...) پوشاک حفاظتی و منسوجات پزشکی استفاده می‌شود. معمولاً لایه بیرونی، یک پارچه تارپودی از جنس پلیمر آبریز مانند پلی استر با تراکم بسیار بالا، لایه میانی یک غشاء بسیار متخلخل از پلی‌تترافلورواتیلن (PTFE) و لایه داخلی یک پارچه حلقوی از جنس پلیمر آبدوست مانند نایلون است. تنفس‌پذیری پارچه‌های گورتکس به این منظور است که بتواند عرق بدن را به شکل بخار مرطوب از بدن دور کند. ضدآب بودن پارچه‌های گورتکس این امکان را می‌دهد که پارچه، هنگام برخورد با آب نشستی نداشته باشد و قطره آب به داخل پارچه نفوذ نکند. با فناوری ضدآب کردن این پارچه‌ها، بدون اتلاف حرارت از بدن، بدن همواره خشک و راحت باقی می‌ماند. ضدباد بودن پارچه‌های گورتکس به قابلیت گذردهی هوا توسط این پارچه‌ها بازمی‌گردد. در مورد پارچه‌های گورتکس ادعا می‌شود که تمامی محصولات، دارای مقیاس گذردهی هوا به مقدار 1 cfm^2 (حجم هوای عبوری از یک فوت مربع پارچه در مدت زمان

۲- تجربیات/تئوری‌ها

برای تهیه محلول الکتروریسی ترکیبی از پلیمر ترموپلاستیک پلی‌یورتان (PU) ۲۰ wt% با وزن مولکولی ۶۵۰۰۰ گرم برمول در حلال دی‌متیل فرم آلدئید (DMF) و برای محلول الکتروپاشی از پلیمر پلی‌وینیل استات (PVAc) ۷ wt% با وزن مولکولی ۷۵۰۰ - ۵۵۰۰ گرم برمول در حلال‌های استیک اسید و آب مقطر (با نسبت ۱:۱) تهیه شد. هر کدام به ترتیب به مدت ۱۲ و ۲ ساعت بر روی همزن مغناطیسی هم‌زده شد.

بر روی لایه بیرونی (مینا) پارچه تجاری (بعد از جداسازی لایه‌ها) به مدت ۱۵ دقیقه الکتروپاشی PVAc و در سه مدت زمان مختلف ۲، ۴ و



جدول ۱- شرایط بهینه الکتروریسی PU و الکتروپاشی PVAc

فرایند	نرخ تغذیه (mL/h)	ولتاژ (kV)	فاصله سوزن تا جمع کننده (cm)
الکتروریسی PU	۰/۲۵	۲۶	۱۲
الکتروپاشی PVAc	۰/۳	۱۷	۱۲

کروی شکل تولید شدند. متوسط قطر و ضریب تغییرات نانوالیاف PU و قطر ذرات اسپری شده PVAc به ترتیب ۴۳۸ نانومتر، ۲۸/۳٪ و ۶۹۰ نانومتر، ۶۰/۴٪ است. با توجه به تصویر SEM غشاء پلیمری PU، میتوان دریافت که این غشاء بسیار متراکم است.

در پارچه تجاری لایه رو، بافت تار پودی متراکم از جنس پلی استر داشت (کد P-F).

لایه میانی غشاء فیلم متخلخل پلیمری PU (G-M) و لایه زیرین بافت حلقوی باز و از جنس نایلون (N-F) داشت. لایه‌های نانولیفی PU در سه ضخامت مختلف بین دو لایه رو و زیرین قرار گرفت که نتایج آزمایش‌ها در جدول ۲ خلاصه شده است. نمونه PUT2 هم‌ضخامت با غشای لایه میانی پارچه تجاری می‌باشد. در شکل ۲-الف، تصویر جانبی پارچه سه لایه تهیه شده نشان داده شده است. لایه نانولیفی همچون یک غشاء متخلخل در بین دو لایه محبوس شده است.

با توجه به نتایج جدول ۲ و نمودار شکل ۲ ب مشخص شد که با افزایش ضخامت لایه نانولیفی - PU، میزان گذردهی هوا کاهش یافته و بی‌تأثیر بر روی نرخ عبور بخار آب بوده است. استفاده از لایه نانولیفی PU در مقایسه با پارچه مینا، میزان گذردهی هوا را تا ۷۲/۵٪ کاهش داده است و می‌تواند ویژگی‌های ضدداد پارچه را بهبود دهد. نرخ عبور بخار آب در نمونه دارای لایه نانولیفی PU در مقایسه با پارچه تجاری به دو برابر رسیده است و علت این امر حضور غشاء پلیمری بسیار متراکم در پارچه تجاری است. در این پژوهش با توجه به نتایج آماری مشخص شد که افزایش ضخامت غشاء نانولیفی، تأثیری در نفوذپذیری بخار آب ندارد. مطابق شکل (۳)، استفاده از لایه نانولیفی PU سبب کاهش سختی خمشی به میزان ۷۷٪ و ۴۳٪ نسبت به پارچه تجاری و مینا شد که خود مزیت لایه نانولیفی را از منظر راحتی در تغییر شکل پذیری پارچه نشان میدهد. با توجه به نتایج تحلیل آماری، افزایش ضخامت لایه نانولیفی PU، تفاوت معناداری بر میزان سختی خمشی و چسبندگی لایه‌ها نداشته است. میزان چسبندگی لایه در پارچه تجاری حدود ۸۳٪ از نمونه‌های نانولیفی PU بیشتر است و لازم است در ادامه تحقیق راهکارهای افزایش مقاومت چسبندگی مطالعه و بررسی شود.

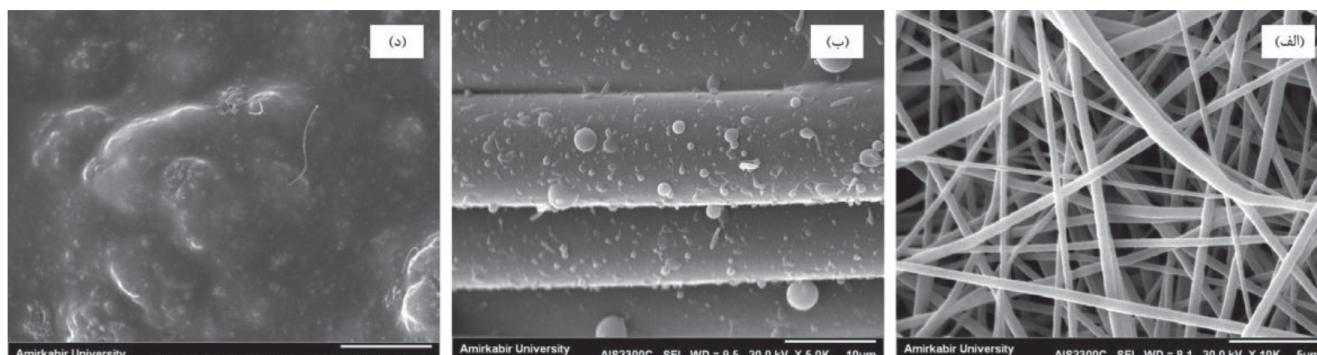
۶ ساعت) برای تولید سه ضخامت لایه نانولیفی متفاوت، محلول PU الکتروریسی شد. مجدد به مدت ۱۵ دقیقه، الکتروپاشی PVAc انجام شد. شرایط بهینه محلول‌های الکتروریسی و الکتروپاشی در جدول ۱ ارائه شده است. برای اتصال لایه داخلی به دو لایه قبلی از عملیات حرارتی فیوزینگ (Gygli, PR8M/60، سوئیس) در شرایط دمایی ۱۳۰ درجه سلسیوس، فشار ۳ بار و زمان ۱۰ ثانیه استفاده شد.

برای بررسی ساختار ظاهری نانوالیاف PU و ذرات اسپری شده PVAc از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، به منظور اندازه‌گیری ضخامت لایه‌های پارچه گورتکس تجاری و لایه نانولیفی PU از میکروسکوپ دیجیتالی Dino-Lite و نرم افزار Dino capture استفاده شد. اندازه‌گیری گذردهی هوا بر اساس استاندارد ASTM D737 انجام شد. اندازه‌گیری نفوذپذیری بخار آب طبق استاندارد ASTM E96-00 و روش فنجان آب انجام شد. در تعیین سختی خمشی نمونه‌ها از دستگاه اندازه‌گیری طول خمشی که یک روش عینی برای تعیین طول خمش است (طبق استاندارد ASTM D1388) استفاده شد و اندازه‌گیری میزان چسبندگی لایه‌ها، با دستگاه مقاومت‌سنج اینسترون طبق استاندارد BS-2576 صورت گرفت. در تمامی آزمون‌های مورد بررسی، دما و رطوبت نسبی محیط به ترتیب ۲۴ درجه سلسیوس و ۳۵ درصد بود و آزمایش‌ها کمینه ۵ بار تکرار شده است و میانگین و ضریب تغییرات گزارش شده است و از آزمون آماری ANOVA در سطح اطمینان ۹۵٪ برای بررسی آماری نتایج استفاده شد.

۳- بحث و نتایج

بعد از تعیین شرایط بهینه الکتروریسی و الکتروپاشی نمونه‌های لازم تهیه شد. مطابق شکل ۱ نانوالیاف الکتروریسی شده PU دارای سطحی صاف و بدون دانه‌های تسیبھی و نانوذرات PVAc به شکل نانوذراتی

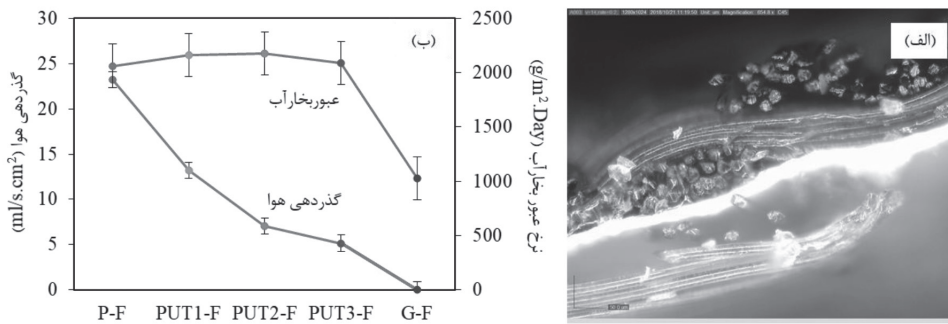
شکل ۱- تصاویر SEM (الف) نانوالیاف PU، (ب) نانوذرات پاشی شده PVAc و (ج) غشاء پلیمری PU برای پارچه تجاری



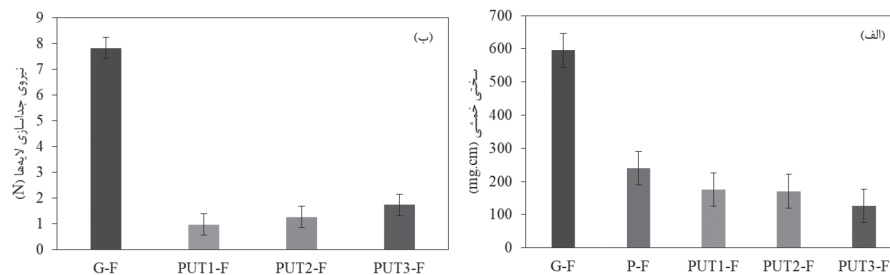


جدول ۲- متوسط قطر لایه‌های مختلف و داده‌های به دست آمده از آزمایش‌های انجام شده بر روی نمونه‌های مورد بررسی.

کد نمونه	توضیحات	ضخامت		گذردهی هوا		عبور بخار آب		سختی خمشی		نیروی چسبندگی لایه	
		cv (%)	(μm)	cv (%)	(mL/s.cm^2)	cv (%)	($\text{g/m}^2.\text{day}$)	cv (%)	(mg.cm)	cv (%)	(N)
P-F	لایه بیرونی پارچه تجاری	۳۶/۲	۱۴۷/۶	۳/۶	۲۳/۲	۴/۳	۲۰۶۲/۵	۳۹/۱	۲۳۹/۹	-	-
G-F	غشای میانی پارچه تجاری	۰/۵	۱۷/۷	۰	۰/۰۱	۱۱/۴	۱۰۲۵	۱۵/۷	۵۹۵/۲	۷/۸	۸/۴
PUT1-F	پارچه شبه گورتکس با ضخامت کمتر از ضخامت لایه میانی تجاری	۱/۵	۹/۵	۸/۳	۱۳/۲	۱۲/۵	۲۱۶۱	۸/۲	۱۷۵/۸	۰/۹	۳۱/۸
PUT2-F	پارچه شبه گورتکس با ضخامت یکسان ضخامت لایه میانی تجاری	۷	۱۷/۱	۹/۳	۷	۹/۶	۲۱۷۷	۷/۰۲	۱۷۰/۵	۱/۳	۲۷/۳
PUT3-F	پارچه شبه گورتکس با ضخامت بیشتر از ضخامت لایه میانی تجاری	۸/۵	۲۷/۴	۱۲/۷	۵/۲	۸/۷	۲۰۸۹	۷/۴	۱۲۶/۸	۱/۷	۲۶/۳
N-F	لایه زیرین پارچه تجاری	۱۹/۶	۱۰۷/۴	-	-	-	-	-	-	-	-



شکل ۲- (الف) تصویر عرضی پارچه شبه گورتکس تهیه شده و (ب) نمودار گذردهی هوا و عبور بخار آب نمونه‌های مورد بررسی.



نانولیفی PU، تفاوت معناداری بر میزان سختی خمشی و چسبندگی لایه‌ها نداشته‌است. میزان چسبندگی لایه در پارچه تجاری حدود ۸۲٪ از نمونه‌های نانولیفی PU بیشتر است و لازم است در ادامه تحقیق راه‌کارهای افزایش مقاومت چسبندگی مطالعه و بررسی شود.

شکل ۳- نمودار ستونی (الف) سختی خمشی پارچه و (ب) چسبندگی لایه میانی در نمونه‌های مورد بررسی.

۴- نتیجه‌گیری

قابل توجهی داشته‌است. باتوجه به نرخ عبور بخار آب برای پارچه تجاری و شبه گورتکس که به ترتیب $2\text{g/m}^2\text{day}$ و 2177 بود، می‌توان ادعا کرد که پارچه تجاری در پوشاک ورزشی گلف و پارچه شبه گورتکس تولیدشده در پوشاک ورزشی گلف و کوهنوردی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

در این پژوهش حذف لایه میانی پارچه سه لایه تجاری و جایگزینی لایه نانولیفی PU در سه ضخامت مختلف جهت بررسی تأثیر ساختار نانولیفی و ضخامت آن انجام شد. مشاهده شد با افزایش مدت زمان الکتروریسی، ضخامت لایه نانولیفی، تنفس‌پذیری و چسبندگی لایه در این پارچه سه‌لایه افزایش می‌یابد و میزان گذردهی هوا کاهش و سختی خمشی بدون تغییر بوده‌است، اما سختی خمشی پارچه تولید شده در مقایسه با پارچه تجاری نزدیک به ۷۷ درصد کاهش

پی‌نوشت

۱- دانشگاه صنعتی امیرکبیر