



# بررسی تأثیر روش اتصال لایه نانوالیاف بر راحتی پوشاک سه لایه

شیما غفاری<sup>۱</sup> | فاطمه موسی زادگان<sup>۱</sup> | مریم یوسفزاده<sup>۱</sup>

## چکیده

با توجه به ظرفیت زیاد الیاف نانو و کاربرد گسترده آنها در زمینه‌های مختلف، ترکیب لایه نانو الیاف با منسوجات دیگر می‌تواند با ظرفیت‌های مختلف به PAN راحتی و خواص کاربردی پوشاک را بهبود دهد. برای این منظور در این مطالعه از لایه نانولیفی عنوان لایه استفاده شده است که در بین یک پارچه تار پودی و یک پارچه حلقوی قرار گرفته است. این سه لایه توسط دو روش دوختن و فیوزینگ به یکدیگر متصل شده‌اند. تأثیر قطر نانوالیاف و دو روش مورد استفاده برای اتصال لایه‌ها به یکدیگر بر خواص راحتی منسوج سه لایه شامل عایق گرمایی، عبوردهی هوا، عبوردهی بخار رطوبت و مقاومت در برابر نفوذ آب مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده از این تحقیق بیانگر آن است که استفاده از لایه نانوالیاف موجب بهبود راحتی گرمایی پارچه می‌شود. به علاوه عملیات فیوزینگ در مقایسه با دوختن، کارایی بهتری داشته است. به طوری که نمونه‌های فیوز شده ضدآب و ضدآب می‌باشند و مقاومت گرمایی خوبی داشته‌اند.

## ۱- مقدمه

با توسعه صنعت پوشاک، پیشرفت فناوری و همچنین گسترش نیازهای بشر، تولید لباس از سطح تأمین نیاز روزمره بالاتر رفته و در زمینه تولید البسه محافظ، نظامی، ورزشی و ... رشد زیادی داشته است. شرکت گورتکس را می‌توان مبتکر و پیشقدم تولید پارچه‌های تنفس پذیر و محافظ در برابر آب و باد با نام تجاری GORE-TEX® دانست. طی سالیان اخیر، مطالعات زیادی برای جایگزین کردن پارچه گورتکس و مشابه آن با مواد دیگر به منظور بهبود خواص و کاهش هزینه انجام شده است. استفاده از نانوالیاف می‌تواند روش مناسبی برای تولید پارچه شبه گورتکس باشد و برای این منظور می‌توان از فرایند الکترووریسی استفاده نمود. وقتی قطر الیاف از میکرومتر (۱۰-۱۰۰ میکرومتر) به (۹۰-۱۰۰ نانومتر) کاهش می‌یابد، خواص شگفت‌انگیزی مانند نسبت سطح به حجم زیاد، قابلیت انعطاف پذیری بالا در ویژگی‌های سطحی و عملکرد مکانیکی بسیار عالی (مانند سختی و استحکام کششی) در این مواد ظاهر می‌شود. ضخامت پارچه در تعیین عایق حرارتی پارچه حائز اهمیت است. با افزایش ضخامت پارچه، حجم هوای محبوس در پارچه افزایش می‌یابد. همچنین خاصیت عایق حرارتی پارچه‌های چند لایه بهتر از یک پارچه ضخیم است، زیرا در این صورت حجم هوای محبوس شده در پارچه بیشتر است. براساس مطالعات انجام شده استفاده از لایه نانوالیاف بر روی سطح پارچه تار پودی و مقایسه آن با نوعی از پارچه گورتکس نشان می‌دهد که لایه نانوالیاف در مقایسه با پارچه گورتکس مقاومت بهتری در برابر نفوذ هوا داشته است. یون و لی، منسوجی بر پایه غشای نانوالیاف پلیپورتان با ساختارهای مختلف تهیه کردند که در مقایسه با پارچه‌های تار پودی تجاری، مقاومت بهتری در برابر نفوذ آب داشته است. به علاوه از نظر عبوردهی هوا و بخار رطوبت نیز کارایی بهتری نسبت به پارچه‌های لمینت شده با غشاهای مخلخل داشته است. در این تحقیق اثر حضور لایه نانولیفی بر برخی ویژگی‌های راحتی لباس مورد ارزیابی قرار گرفت.

## ۲- تجربیات

برای تهیه محلول‌های ۱۲ درصد، ۱۶ درصد و ۲۰ درصد وزنی- حجمی در

الکترووریسی از پلیمر پلی‌اکریلونیتریل (PAN) و حلال دی‌متیل فرم‌امید DMF استفاده شده است. برای تولید لایه بی‌یافت نانولیفی در تخلخل‌های گوناگون و ضخامت یکسان، از الکترووریسی با جمع‌کننده درام دوار استفاده شده است. از یک پارچه صد درصد پلی‌استری تار پودی به عنوان لایه خارجی با وزن ۱۱۴ گرم بر مترمربع، تراکم تار ۴۰ و تراکم پودی ۳۲ نخ در سانتیمتر استفاده شده است. لایه نانوالیاف بر روی این لایه نشانده شد و همچنین نتایج پارچه سه لایه با این پارچه به عنوان نمونه شاهد مقایسه شد. سپس از یک لایه حلقوی تار پودی با وزن ۹۴ گرم بر مترمربع به عنوان لایه داخلی استفاده شد. در مرحله بعد برای اتصال سه لایه به یکدیگر از دو روش دوختن و فیوزینگ استفاده شد. در شکل ۱ فرآیند تولید منسوجات سه لایه به صورت نمایشی نشان داده شده است. برای اتصال لایه‌ها به یکدیگر توسط عملیات فیوزینگ از ماشین فیوزینگ مداوم PR مدل Gygli استفاده شد که این فرآیند در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس، تحت فشار ۲ بار و به مدت ۱۰ ثانیه انجام شد. برای اتصال نمونه‌های دوخته شده از ماشین دوزندگی آدلر مدل ۲۷۲ استفاده شد که بخیه آن از نوع لاکاستیج بود.

## ۳- بحث و نتایج

در شکل ۲ تصاویر الکترونی و نمودار توزیع فراوانی قطر نانوالیاف تولیدی نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود نانوالیاف یکنواخت و بدون عیب ساختاری تولید شده است که با افزایش غلظت محلول پلیمری، میانگین قطر الیاف افزایش یافته است. در شکل ۳ قابلیت عبوردهی هوا و بخار آب در نمونه‌های دوخته شده و فیوز شده و لایه خارجی که به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شده، مقایسه شده است. با توجه به نمودارها ملاحظه می‌شود مقدار عبوردهی هوا در نمونه‌های فیوز شده نسبت به پارچه خارجی کاهش یافته است، اما عملیات دوخت سبب افزایش مقدار عبوردهی هوا شده است. به نظر می‌رسد افزایش قابلیت عبوردهی هوا در نمونه‌های دوخته شده ناشی از ایجاد سوراخ در محل نفوذ سوزن در عملیات دوزندگی می‌باشد. در عملیات فیوزینگ با توجه به فعال شدن رزین موجود در لایه بی و نفوذ آن در بین نانوالیاف و پارچه تحت فشار،

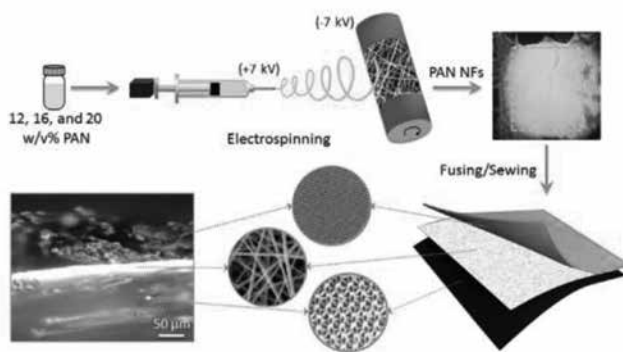
در منسوج سه لایه و افزایش مقاومت آن در برابر نفوذ آب شده است. از این رو به نظر می رسد روش فیوزینگ برای ایجاد پوشاک محافظ و نفوذناپذیری در برابر آب و هوا، به دلیل کارایی بهتر مناسبتر است. از نظر مقاومت گرمایی استفاده از لایه نانوالیاف، با وجود اینکه از نظر وزن و ضخامت تأثیر نامحسوسی در منسوج سه لایه داشته است، اما تأثیر قابل توجهی در افزایش مقاومت گرمایی داشته است؛ به طوری که مقدار مقاومت گرمایی از ۱۷۷ درصد در نمونه های فیوز شده تا درصد ۳۱۵ در نمونه های دوخته شده افزایش یافته است.

استفاده از لایه نانوالیاف که تخلخل بالایی دارد، سبب محبوس شدن هوا در داخل لایه می شود. نظر به اینکه هوا عایق خوب گرم است، افزایش حجم هوای محبوس شده در مجموعه منسوج سبب بهبود مقاومت گرمایی آن می شود. در نمونه های دوخته شده، محل سوراخ سوزن نیز در افزایش حجم هوای محبوس شده در پارچه سه لایه مؤثر است و از این رو مقدار مقاومت گرمایی تا ۳۱۵ درصد افزایش یافته است. در عملیات فیوزینگ به دلیل اعمال فشار و نفوذ رزین در لایه های الیاف، حجم منافذ موجود در مجموعه منسوج سه لایه کاهش یافته است؛ از این رو اگرچه در مقایسه با نمونه شاهد مقاومت گرمایی بیشتری دارد، در مقایسه با نمونه دوخته شده خاصیت عایق کمتری دارد. در شکل ۵ نتایج کلی تغییرات عوامل مورد بررسی ارائه شده است.

#### ۴- نتیجه گیری

تجهیزات حفاظت شخصی از جمله پوشاک محافظ، به منظور حفظ سلامتی انسان و فراهم نمودن شرایط مناسب برای انجام فعالیت های او در محیط های مختلف و در برابر خطرات موجود مورد استفاده قرار می گیرند.

پوشاک محافظ در برابر شرایط آب و هوایی سرد، با حفظ گرمای بدن و جلوگیری از اتلاف گرما، راحتی مناسب برای فرد را ایجاد می کند. این دسته از پوشاک محافظ به طور معمول حجیم و سنگین هستند و به صورت چند لایه تهیه می شوند. از این رو ممکن است کارایی فرد را در زمان انجام فعالیت های مختلف تحت تأثیر قرار دهند. در این مطالعه استفاده از لایه نانوالیاف به منظور افزایش مقاومت گرمایی پوشاک

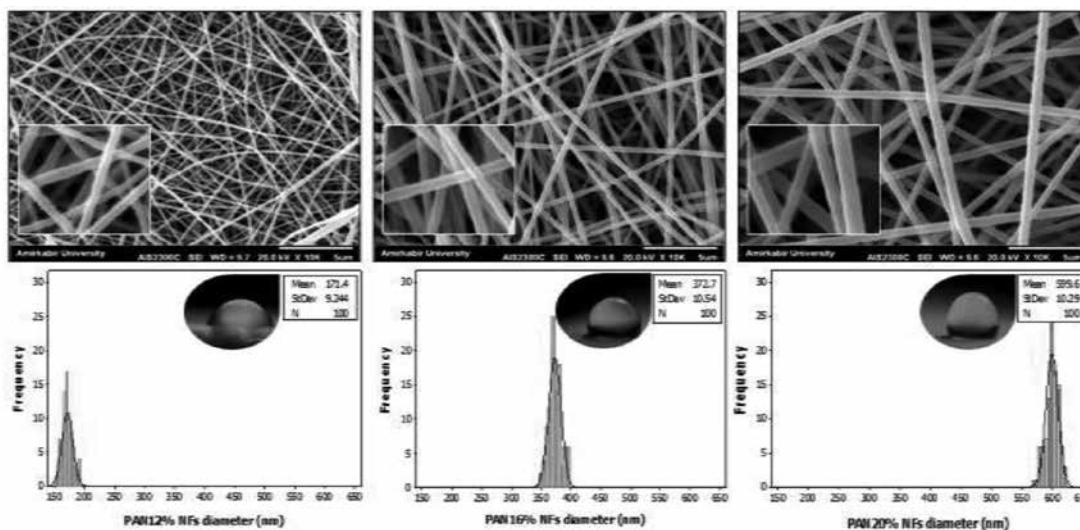


شکل ۱- فرآیند تولید پارچه سه لایه محتوای لایه نانولیفی

احتمال کاهش تخلخل موجود در لایه ها وجود دارد و همانطور که در شکل ۳ ملاحظه می شود، قابلیت عبوردهی هوا به طور قابل توجهی در مقایسه با پارچه خارجی کاهش یافته است که برای پوشاک ضد باد مناسب است.

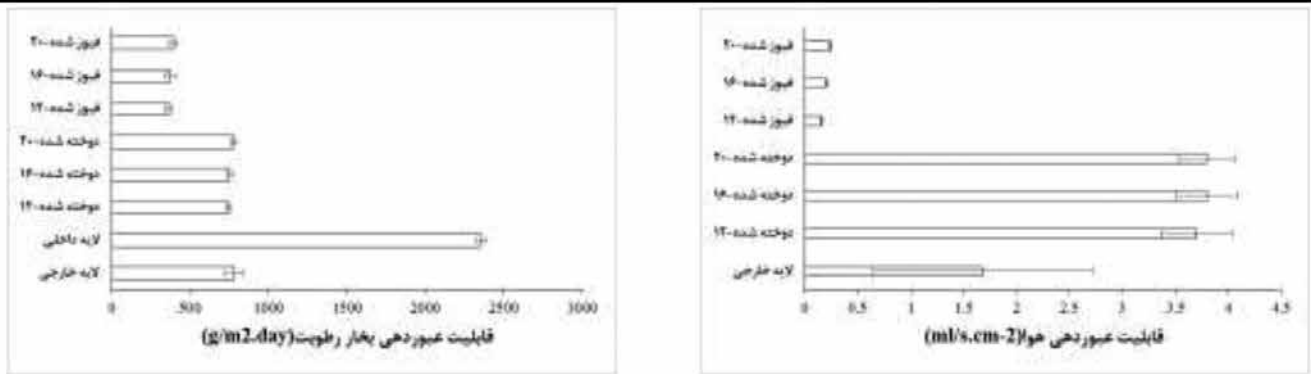
مقایسه قابلیت عبوردهی بخار رطوبت که تنفس پذیری پارچه با آن سنجیده می شود و در انتقال تعرق بدن به محیط بیرون و حفظ راحتی فرد بسیار حائز اهمیت است نشان می دهد که دوخته شدن لایه نانوالیاف و لایه حلقوی تار به پارچه تار پودی تأثیر قابل توجهی در عبوردهی بخار رطوبت نداشته است، در حالیکه استفاده از عملیات فیوزینگ به دلیل کاهش خلل و فرج پارچه، قابلیت تنفس پذیری منسوج سه لایه را نسبت به نمونه شاهد کاهش داده است. در شکل ۴ مقاومت در برابر نفوذ آب و مقاومت گرمایی پارچه خارجی با نمونه های دوخته شده و فیوز شده مقایسه شده است.

مقاومت در برابر نفوذ آب به ویژه در منسوجات محافظ مورد توجه قرار می گیرد. با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده میشود که نتایج آزمایش مقاومت در برابر نفوذ مایع مشابه عبوردهی هوا و بخار رطوبت است. یعنی با اتصال لایه ها توسط فرآیند دوختن، به علت ایجاد سوراخ در محل نفوذ سوزن، امکان نفوذ آب تحت فشار را نسب به لایه خارجی افزایش داده است. در حالی که در نمونه های فیوز شده، اتصال لایه ها توسط رزین و نفوذ آن در بین نانوالیاف سبب کاهش امکان نفوذ آب

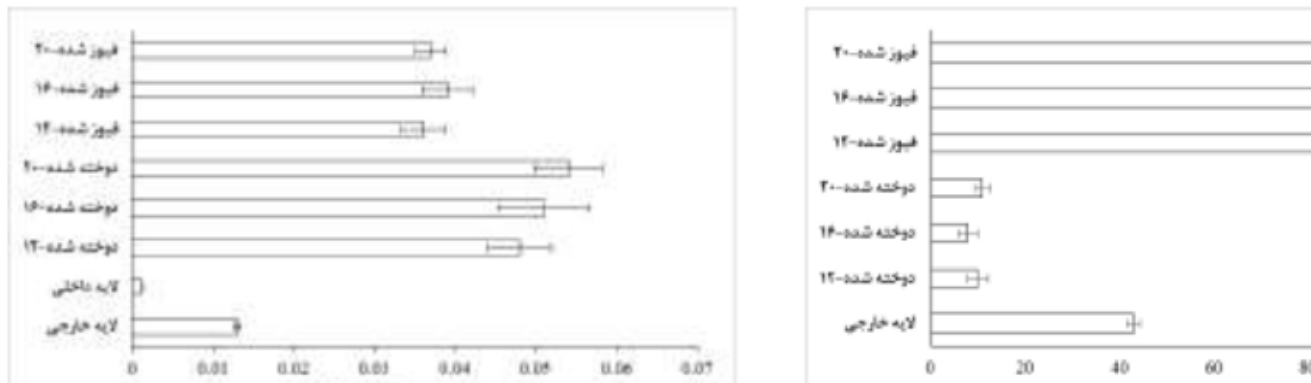


شکل ۲- تصاویر SEM و نمودار توزیع فراوانی قطر نانوالیاف PAN.

شکل ۲- تصاویر SEM و نمودار توزیع فراوانی قطر نانوالیاف PAN



شکل ۳- مقایسه قابلیت عبوردهی هوا و بخار آب در نمونه‌های دوخته شده و فیوز شده و لایه خارجی



شکل ۴- مقایسه مقاومت در برابر نفوذ آب و مقاومت گرمایی در نمونه‌های دوخته شده و فیوز شده و لایه خارجی

لایه‌نانوالیاف، افزایش قابل توجهی در مقاومت گرمایی نمونه‌های سه‌لایه ایجاد کرده است. استفاده از روش دوختن، به علت ایجاد سوراخ در محل نفوذ سوزن در مقایسه با روش فیوزینگ کارایی کمتری داشته است. اگرچه در نمونه‌های فیوز شده قابلیت تنفس‌پذیری پارچه سه لایه نسبت به پارچه تک‌لایه کاهش یافته است، اما با تغییر عوامل عملیات الکترورسی می‌توان آن را بهبود بخشید.

#### ۵- پی‌نوشت

دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

محافظ بدون افزایش حجم و وزن قابل توجه مورد بررسی قرار گرفته است. طوری که لایه نانوالیاف بین یک لایه تار پودی و حلقوی قرار گرفته است. برای اتصال سه لایه به یکدیگر از دو روش دوختن و فیوزینگ استفاده شده است. سپس خواص راحتی شامل قابلیت عبوردهی بخار رطوبت و مقاومت گرمایی و همچنین خاصیت عبوردهی هوا و مقاومت در برابر نفوذ آب در نمونه‌های سه‌لایه به‌دست آمده اندازه‌گیری و با نمونه تک‌لایه مقایسه شده است.

نتایج به‌دست آمده بیانگر آن است که نمونه‌های فیوز شده مقاومت بیشتری در برابر نفوذ آب و هوا در مقایسه با پارچه تک‌لایه داشته‌اند. به علاوه استفاده از



شکل ۵- تغییر مقادیر عوامل مورد بررسی با افزودن لایه نانولیفی در راحتی پوشاک سه لایه.