بررسی نفوذپذیری بخار آب و هوا در پارچه های حلقوی پودی دو لا

چکیده

طی این پژوهش، پارچه های حلقوی پودی دولای مخصوص ورزش‌های تفریحی با راحتی حرارتی و فیزیولوژیکی تعیین شده ای تولید شد. سپس راحتی فیزیولوژیکی بدن انسان حین انجام فعالیت های فیزیکی و راحتی حرارتی از طریق احساس گرما/ سرما، خشکی و رطوبت، که تحت تاثیر نفوذپذیری هوا و قابلیت جذب و تبخیر عرق می‌باشد، تعیین گردید.

هدف اصلی این مقاله، بررسی تاثیر ساختار بافت حلقوی، نوع لیف و خصوصیات نخ، بر نفوذپذیری هوا و آب در پارچه های کشباف دولا می‌باشد. بررسی انجام شده توسط پارچه های کشباف با ساختارهای ترکیبی بر روی ماشین گردباف، صورت گرفت.

لایه بیرونی پارچه از نخ های پنبه یا بامبو، و لایه درونی از نخ‌های مصنوعی (پلی پروپیلن، پلی استر و پلی آمید) بافته شدند. نتایج بررسی صورت گرفته نشان می دهد که ترکیب لیفی نخ و پارامترهای ساختاری پارچه کشباف نظیر طول حلقه، سرعت پرشوندگی خطی سطح و طرح پارچه کشباف، تاثیر قابل ملاحظه ای بر نفوذپذیری هوا و آب پارچه های کشباف دولا دارند. پارامتر اصلی تاثیرگذار بر نفوذپذیری بخار آب پارچه های کشباف دو رو، نوع ماده خام می باشد، به عنوان مثال خصوصیات تری و فتیله ای الیاف.

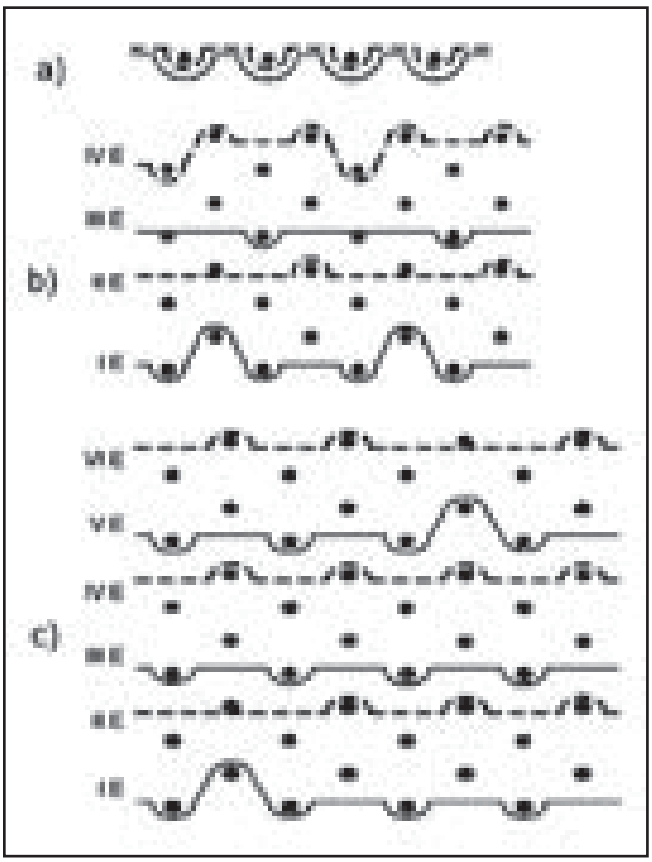
مقدمه

پوشاک طراحی شده برای ورزش های تفریحی نه تنها به دلایل زیبایی، بلکه برای کنترل عملکردهای بدن انسان، استفاده می گردند. راحتی پوشاک شامل سه پارامتر اصلی می گردد: حرارتی- فیزیولوژیکی، حسی و روانشناختی. راحتی حرارتی- فیزیولوژیکی پارامتر مهمی برای پوشاک طراحی شده تفریحات پر تحرک می باشد. عوامل متعددی نظیر تبادل حرارتی در داخل پوشاک، نفوذپذیری هوا، تبخیر و انتقال رطوبت بر راحتی حرارتی- فیزیولوژیکی تاثیرگذار می باشند. لباس ها باید به عملکرد کنترل حرارت بدن تحت شرایط فیزیکی متغیر، کمک کنند؛ به گونه ای که توازن حرارت و رطوبت بدن تامین گردد. این تاثیر فیزیولوژیکی به ویژه در خصوص پوشاک ورزشی، بسیار مهم می باشد. پوشاکی که خصوصیات حرارتی- فیزیولوژیکی ضعیفی دارند، نه تنها از رفاه انسان را کاسته، بلکه عملکرد فیزیکی او کاهش داده و حتی می توانند موجب به خطر افتادن سلامتی وی گردند. بدن انسان حین انجام فعالیت های صورت گرفته به واسطه فرآیندهای متابولیک، به طور پیوسته ای تولید حرارت می نماید. در اثر فشار فیزیکی بیشتر و لذا سطح بالاتری از حرارت تولید شده در داخل بدن، انتقال حرارت از طریق پوشاک برای جبران تعادل انرژی بدن، کافی نمی باشد. در این شرایط، شروع به عرق کردن می کنیم، یعنی روشی برای سرد شدن بدن از طریق تبخیر عرق روی پوست. به طور طبیعی، پیش نیاز سرد شدن این است که عرق ایجاد شده بتواند تبخیر گردد. از این رو پوشاک همواره باید سطح بالایی از انتقال رطوبت و تبخیر را تضمین نمایند.

هوای موجود در اقلام گوناگون پوشاک نیز عملکرد فیزیولوژیکی دارد. هنگامی که بدن انسان در حال استراحت می باشد، هوای موجود در خرداقلیم[1] تقریبا در ۵۰٪ از خصوصیات عایق حرارتی موثر پوشاک موثر می باشد. هنگامی که بدن انسان در حال حرکت می باشد، حدود ۳۰٪ از گرما و رطوبت می تواند توسط جابه جایی هوا در خرداقلیم و تبادل هوا از طریق پوشاک، دفع گردد. نفوذپذیری هوا، به عنوان یک پدیده زیستی- فیزیکی در منسوجات، توانایی هوا در جریان یافتن داخل پارچه را تعیین می نماید.

عبور جریان هوا از داخل منسوجات اساساً توسط خصوصیات منافذ پارچه‌ها تحت تاثیر قرار می گیرد. ابعاد منافذ و توزیع آنها در پارچه تابعی از هندسه پارچه می باشد. قطر نخ، ساختار بافت، تراکم رج و ردیف و نمره نخ، از جمله پارامترهای اصلی تاثیرگذار بر تخلخل پارچه‌های

کشباف می‌باشـند. نفوذپذیری هوا به روش تکمیل نیز بستگی دارد. در پوشاک ورزشی، نفوذپذیری بالای هوا، امر مطلوبی می باشد.
نفوذپذیری بخار آب عبارتسـت از توانایی انتقال بخار از بدن انسان. توانایی پوشاک در انتقال بخار آب، عامل تعیین کننده و مهمی در راحتی فیزیولوژیکی می باشد. عرق باید از سطح پوست به سطح پارچه منتقل شده و در مجاورت پوست دفع گردد. پس از توقف تعریق بدن، پارچه منسوج باید بخار محبوس شـده در جو را به منظور کاهش رطوبت موجود بر سطح پوست، آزاد نماید. به واسـطه تفاوت در شرایط فعالیت و نیز شـرایط آب و هوایی ورزش های تفریحی گوناگـون و همچنین پارامترهـای فیزیولوژیکی گوناگون، طراحی پوشـاک مورد نیاز برای ورزش های تفریحی، مشـکل می باشد. با توجه به راحتی حسی و حرارتی- فیزیولوژیکی، بهینه نمودن طراحی پوشاک ورزشی امر ساده ای نمی باشد. از سوی دیگر، این حقیقت در خصوص ورزش های تفریحی صادق می باشد که بیشترین کاربرد فیزیکی همواره قابل دستیابی نبوده و فازهای فعال توسـط فازهای در حال استراحت، پراکنده می شوند. به علاوه، ورزشـکاری که ورزش تفریحی انجام می‌دهد، اغلب از لباس خود برای دفعات متعددی استفاده می کند.



شکل ۱- الگوی پارچه های کشباف مورد بررسی: a) کشباف ساده یکروسیلندر، b) مرکب I (piqu)، c) مرکب II
نخ پنبه ای (C) یا بامبو (B)
نخ PA، PES، Coolmax و PP

در حیـن تحقیق، پارچـه های حلقوی پـودی دو رو جهت ورزش های تفریحـی با در نظر گرفتن عواملـی مانند راحتی حرارتی و فیزیولوژیکی طراحی شدند. یک ساختار نوعی از پارچه کشباف دورو، شامل المان‌های زیر می شود:
یک لایه پارچه کشـباف بافته شده از نخ های رسانا که مستقیما به بدن متصل گشـته و نقش آن زدودن و انتقال عرق از بدن به شـکل مایع و بخار می باشد.
لایه دیگر پارچه کشـباف از نخ جاذب بافته شده که در تماس مستقیم با پوست بدن نمی باشد. نقش این لایه نگه داشتن رطوبت دور از بدن و تبدیل آن به بخار و انتقال آن به محیط بیرون می باشد.
الیـاف طبیعی مانند پنبه، بامبو و پشـم رطوبت گیر بوده و لذا توسـط سطوح جذب بالا توصیف می شوند. رطوبت جذب شده به شدت محبوس شـده و به کندی آزاد می شـود. از سـوی دیگر پارچه های پنبه‌ای آب جذب شـده را نگه داشـته و خصوصیت انتقال رطوبت آنها طی فعالیت به طور ویژه بالا نمی باشـد. نگهداری آب می تواند موجب افزایش وزن پوشـاک و نیز مانع اتلاف حرارتی پوسـت و نیز سرمادهی تبخیری پس از فعالیـت بدنی شـود. الیاف مصنوعی مانند پلی اسـتر، پلی پروپیلن و اکریلیـک رطوبت گیر نمی باشـند و از این رو تنها مقادیر نسـبتاً کمی رطوبت جذب می کنند.
با این وجود، به سـبب سـطح لیفی آب دوسـت، آنها دارای نرخ انتقال رطوبت بیشتری می باشند. نخ های تولید شده از الیاف مصنوعی، موجب بهبود ثبات ابعادی پارچه کشـباف می گردد. ترکیب نخ های طبیعی و مصنوعی، راه حلی بهینه برای طراحی پوشاک ویژه ورزش های تفریحی می باشد. هدف اصلی این پژوهش بررسی تاثیر پارامترهای ساختار بافت و مواد خام بر روی نفوذپذیری آب و هوای پارچه های کشباف دورو مورد استفاده در ورزش‌های تفریحی باشد.

تجربیات

تحقیقات بر روی پارچه های کشـباف دولا با طرح پلیتینگ سـاده و دو نوع سـاختار مرکب بر ماشـین گردباف با گیج ۲۲ (اینچ/سوزن) صورت گرفـت. مواد مورد اسـتفاده برای لایه بیرونی نخ هـای پنبه ای و بامبو بازیافتـی و برای لایه درونی نخ های PP، PA، PES و Coolmax بود. در کل، ۱۶ نوع بافت ویژه مورد بررسـی قرار گرفت. مشـخصات پارچه های کشـباف آزمایش شده در جدول ۱ و ساختار بافت در شکل ۱ ارائه شده است.
کلیه آزمایشات در شرایط استاندارد و طبق استاندارد ISO 139 انجام گرفت. پارامترهای سـاختاری نمونه های کشـباف نیز طبق اسـتاندارد انگلیسـی BS 5441:1998 اندازه گیری شـد. نرخ پرکنندگی خطی سطح (E) نیز از رابطه ۱ حاصل گردید:

$$E=(l.d)/(A.B) \qquad (۱)$$

کـه l طول حلقه بر حسـب میلی متر؛ d قطر نخ بر حسـب میلی متر؛

جدول ۱- مشخصات پارچه های کشباف مورد بررسی

(خطای نسبی کلیه نمره های ارائه شده در این جدول، کمتر از ۶٪ می باشد)

طرح	کد نمونه	نمره نخ ها و درصد ترکیب	تراکم رج، Pv، cm-1	تراکم ردیف، Ph، cm-1	طول حلقه، l، mm	نرخ پرکنندگی خطی سطح E	نفوذپذیری هوا m3/(m2·s)	نفوذپذیری بخار آب mg/(m2h
پلیتینگ ساده	LSl-1	Cotton 20 ،tex71٪ ، PA، 7.8; 29٪	۲۴/۵	۱۲/۵	۲/۸۴	۱/۸۱۷	۸۶۰	۳۵۶۲
	LSl-2	Cotton 20 ،tex71٪ ، Coolmax، 7.8; 29٪	۲۴/۵	۱۲/۵	۲/۷۹	۱/۷۰۱	۸۵۲	۴۰۵۸
	LSl-3	Cotton 20 ،tex71٪ ، PES، 8.3; 29٪	۲۴/۵	۱۲/۵	۲/۷۹	۱/۷۰۱	۸۵۶	۳۶۹۳
	LSl-4	Cotton 20 ،tex71٪ ، PP، 8.4; 29٪	۲۵	۱۲	۲/۸۸	۲/۰۴۵	۸۹۹	۳۵۶۰
	LSl-1	Bamboo 20 ،tex71٪ ، PA، 7.8; 29٪	۲۴	۱۲/۵	۲/۸۵	۱/۶۹۶	۸۹۶	۴۱۴۱
	LSl-2	Bamboo 20 ،tex71٪ ، Coolmax، 7.8; 29٪	۲۴	۱۲/۵	۲/۸۱	۱/۵۸۹	۸۷۱	۴۷۷۳
	LSl-3	Bamboo 20 ،tex71٪ ، PES، 8.3; 29٪	۲۴	۱۲/۵	۲/۸۱	۱/۵۸۹	۸۸۱	۴۲۷۴
	LSl-4	Bamboo 20 ،tex71٪ ، PP، 8.4; 29٪	۲۴/۵	۱۲	۲/۹۳	۲/۰۱۶	۹۲۷	۴۰۰۸
مرکب (piqu)	KI-1	Cotton 20 ،tex71٪ ، PA، 7.8; 29٪	۱۶	۱۲	۳/۱۱	۱/۷۵۳	۸۶۳	۳۸۸۷
	KI-2	Cotton 20 ،tex71٪ ، Coolmax، 7.8; 29٪	۱۶	۱۲	۳/۱۰	۱/۸۶۷	۸۸۲	۴۳۳۸
	KI-3	Cotton 20 ،tex71٪ ، PES، 8.3; 29٪	۱۶	۱۲	۳/۱۰	۱/۸۶۷	۸۷۷	۳۹۰۵
	KI-4	Cotton 20 ،tex71٪ ، PP، 8.4; 29٪	۱۶	۱۱	۳/۲۱	۱/۸۲۰	۹۲۰	۳۸۶۲
مرکب	KII-1	Cotton 20 ،tex76٪ ، PA، 7.8; 24٪	۱۵	۱۱/۵	۳/۲۴	۱/۶۸۸	۷۸۸	۳۹۹۹
	KII-2	Cotton 20 ،tex76٪ ، Coolmax، 7.8; 24٪	۱۵	۱۱/۵	۳/۲۶	۱/۵۶۶	۷۷۹	۴۳۵۸
	KII-3	Cotton 20 ،tex76٪ ، PES، 8.3; 24٪	۱۵	۱۱/۵	۳/۲۶	۱/۵۶۶	۷۷۲	۳۸۸۸
	KII-4	Cotton 20 ،tex76٪ ، PP، 8.4; 24٪	۱۵	۱۱	۳/۳۵	۱/۷۵۸	۸۷۶	۳۸۳۲

A فاصله ردیف بر حسب میلی متر و B فاصله رج بر حسب میلی متر می‌باشد.

آزمایش های نفوذپذیری هوا برای پارچه های کشباف دوروی مورد بررسی، طبق استاندارد EN ISO 9237:1997 با استفاده از مساحت هد cm^2 ۱۰ و اختلاف فشار ۱۰۰ پاسکال انجام گرفت. نفوذپذیری هوا (R) برای هر نمونه ۱۰ بار آزمایش شد و مطابق رابطه ۲ به دست آمد:

$$R=167\ D/A \text{ in } dm3/(m2s) \qquad (۲)$$

که d نرخ متوسط جریان هوا در dm^3/min، A مساحت موثر نمونه معادل با cm^2 ۱۰ می باشد.

نرخ انتقال بخار مرطوب با استفاده از روش فنجان اندازه گیری شد. نمونه ها با قطر ۱۰ سانتی متر در داخل فنجان گردی محتوی آب $40^{\circ}C$ در شرایط کنترل (دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵۰٪) به مدت یک ساعت قرار داده شدند. هر نمونه ۵ بار تحت آزمایش قرار گرفت. نفوذپذیری بخار آب (W) از رابطه ۳ حاصل گردید:

$$W=MW/(A.t) \text{ in } mg/(m2h) \qquad (۳)$$

که MW جرم آب بخار شده از فنجان بر حسب mg، A مساحت موثر نمونه

بر حسب m^2، t زمان تبخیر جرم آب (MW) بر حسب ساعت می‌باشد.
خطای نسبی نیز (δ) طبق رابطه ۴ محاسبه شد:

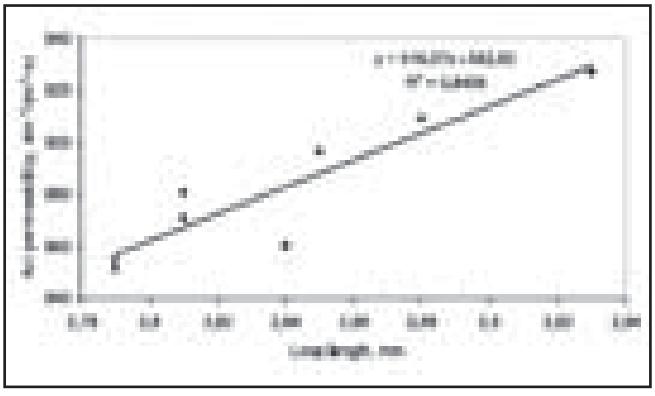
$$\delta = t_n . v/\sqrt{n} \quad in\% \qquad (۴)$$

که t_n ضریب استیودنت، v ضریب تغییرات بر حسب ٪ و n تعداد آزمایشات می باشد.

بحث و نتایج

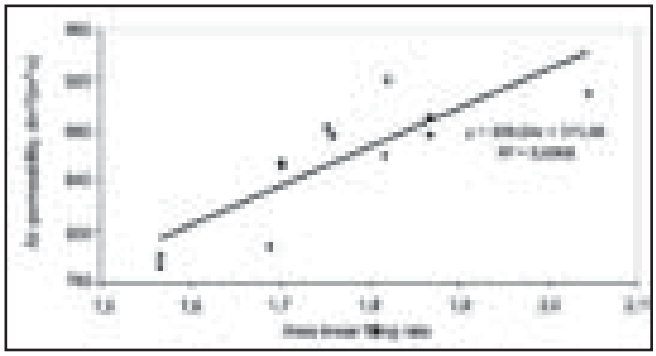
تاثیر ترکیب لیفی و پارامترهای ساختاری بافت بر نفوذپذیری هوای پارچه‌های کشباف دورو

در این بخش تاثیر ترکیب لیفی و پارامترهای ساختاری بافت بر نفوذپذیری هوای پارچه های کشباف دورو برای ورزش های تفریحی مورد بررسی قرار گرفت.
تحقیقاتی کلی در زمینه‌ی نفوذپذیری هوای پارچه های کشباف ساده انجام شد. از سوی دیگر، نفوذپذیری هوای پارچه ها به تعداد و اندازه منافذ بستگی دارد که بخش اعظم جریان هوا از طریق آنها نفوذ می کند. روش‌های متعددی برای اندازه گیری تخلخل پارچه های کشباف ساده وجود دارد. یکی از اهداف این تحقیق یافتن پارامترهای ساختاری مربوطه برای ارزیابی تخلخل پارچه های کشباف دورو با طرح های مختلف می‌باشد.
طول حلقه یکی از پارامترهای ساختاری است که اندازه منافذ موجود در پارچه های کشباف را تعیین می نماید. تاثیر طول حلقه بر نفوذپذیری هوای پارچه های کشباف یک رو (LS) در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- تاثیر طول حلقه بر نفوذپذیری هوای پارچه های کشباف یک رو

نتایج حاصله حاکی از وابستگی نفوذپذیری هوا و تغییرات طول حلقه می باشد. هنگامی که طول حلقه افزایش می یابد، نفوذپذیری هوا نیز در اثر زیاد شدن تخلخل پارچه های کشباف، زیاد می‌شود. ضریب تعیین R^2 پارچه های کشباف مورد بررسی با طرح ساده معادل ۰/۸۴۰۶ می باشد. روند مشابهی نیز برای پارچه‌های کشباف دورو با طرح های ترکیبی (KI) و (KII) مشاهده گردید (جدول ۱). با این وجود، این وابستگی تنها در پارچه هایی مشاهده شد که طرح یکسان داشتند. به عبارت دیگر، طول حلقه نمی تواند به عنوان یک مقیاس متداول برای مقایسه نفوذپذیری هوای پارچه های کشباف با طرح های مختلف استفاده شود.
هیچ نوع وابستگی میان نفوذپذیری هوا در پارچه های کشباف دورو و طرح های بافت گوناگون با دانسیته های سطح و ضخامت مختلف در این مقاله وجود ندارد. نفوذپذیری هوای پارچه های کشباف دورو با طرح‌های گوناگون می توان توسط نرخ پرکنندگی خطی سطح (E)، پیش بینی گردد (شکل ۳).

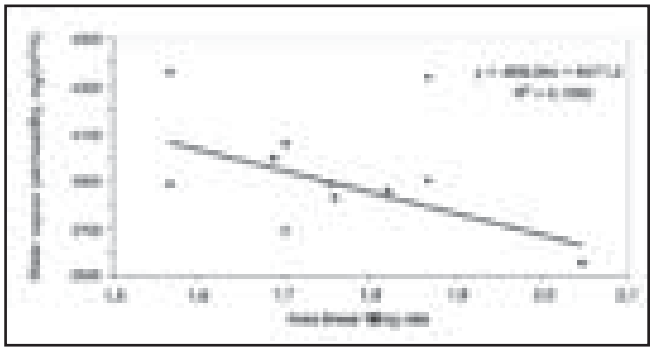


شکل ۳- تاثیر نرخ پرکنندگی خطی سطح بر نفوذپذیری هوای کلیه بافت های مورد بررسی

تاثیر این پارامتر بر نفوذپذیری هوا توسط معادله ای خطی با ضریب تعیین R^2 = ۰/۹۶۶۶ تعیین می گردد. با افزایش نرخ پرکنندگی خطی سطح، نفوذپذیری هوای پارچه ها افزایش می یابد که این پدیده اینطور توجیه می‌گردد که با زیاد شدن طول حلقه، فاصله رج و به تبع از آن فاصله ردیف افزایش می‌یابد، بدین معنی که اندازه منافذی که هوا از طریق آنها نفوذ می کند نیز افزایش می یابد. پارامتر E، طرح بافت (متوسط طول حلقه در طرح و تراکم حلقه در پارچه) و نیز مشخصات نخ (نمره نخ و نوع الیاف) را تعیین می نماید.

تاثیر ترکیب لیفی و پارامترهای ساختاری بافت بر نفوذپذیری بخار آب در پارچه‌های کشباف دورو

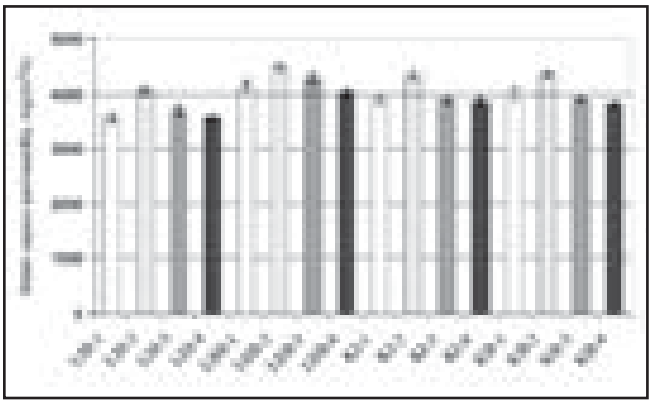
تاثیر ترکیب لیفی و پارامترهای ساختاری بافت بر نفوذپذیری بخار آب پارچه های کشباف دورو در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. تاثیر نرخ پرکنندگی خطی سطح بر نفوذپذیری بخار آب پارچه های کشباف دورو از جنس های PP، PES، PA و Coolamx مورد بررسی، در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- تاثیر نرخ پرکنندگی خطی سطح بر نفوذپذیری بخار آب کلیه بافت های مورد بررسی

با توجه به نتایج ارائه شـده در شکل ۴، پیش بینی نفوذپذیری بخار آب با اسـتفاده از نرخ پرکنندگی خطی سطح، غیر ممکن می باشد، چرا که ضریب تعیین (R^2 = ۰/۱۵۹۲) بسـیار کم است. همچنین مقدار ضریب تعیین وابسـتگی نفوذپذیری بخار آب و طول حلقـه حتی کمتر از این میزان می باشـد. علت این امر آن اسـت که بخارات مرطوب به سختی می توانند از میان منافذ پارچه راه عبوری برای خود بیابند. باقیمانده ی رطوبت توسط الیاف آبدوسـت جذب شده و به تدریج تبخیر می گردد. مقـدار و نرخ جذب رطوبت از بافت های دورو (از نوع مورد بررسـی) به زاویه ترشدن و فتیله ای شدن بستگی دارد.

تاثیر ترکیب لیفی بر نفوذپذیری بخار آب پارچه های کشـباف دورو در طرح های مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است.

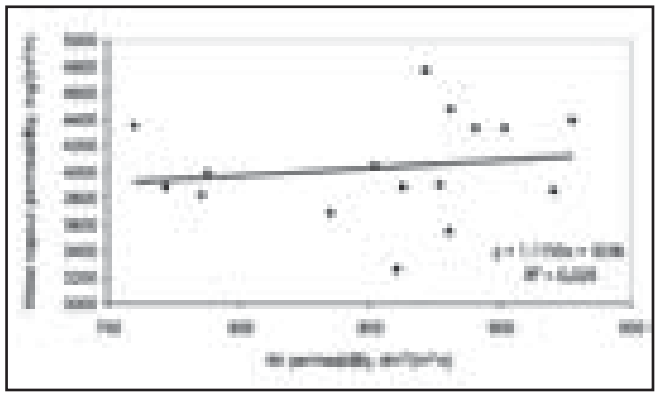


شکل ۵- تاثیر ترکیب لیفی بر نفوذپذیری بخار آب پارچه های کشباف دورو (ارائه شده در جدول ۱)

کلیه پارچه ها با سـاختارهای مختلف بافته شـده از مخلوط نخ پنبه ای (یا بامبو) و Coolmax، بیشـترین مقدار نفوذپذیری هوا را دارا بودند: (mg/m^2h) ۴۰۵۸/۴۳۵۸ برای پارچه های پنبه ای (بسـته به ساختار بافت)، و (mg/m^2h) ۴۷۷۸ برای پارچه از جنس بامبوی بافته شـده با ساختار بافت ساده.

پارچه های بافته شده از پنبه (یا بامبو) و مخلوط نخ PP دارای کمترین مقدار نفوذپذیری آب می باشـند (در برابر نفوذپذیری هوای پارچه های مـورد بررسـی): (mg/m^2h) ۳۵۶۰/۳۸۳۰ برای پارچـه های پنبه ای (بسـته به نوع سـاختار بافـت)، و (mg/m^2h) ۴۰۰۸ برای پارچه های از جنس بامبو. همانطور که در شـکل ۵ مشـاهده می شود، پارچه های بافته شـده از بامبو و مخلوط نخ های مصنوعی عموما توسط نفوذپذیری بیشـتر آب (mg/m^2h) (۸۰۰-۷۰۰) از پارچه های بافته شده از پنبه و مخلوط نخ مصنوعی مناسب (با ساختار بافت یکسان)، متمایز می گردند.

نتایج ذیل حاکی از تاثیر مشـهود ترکیـب لیفی بر نفوذپذیری بخار آب پارچه‌های بافته شده می باشد. نتایج ارائه شده در شکل ۶ نشان می‌دهد که هیچ همبسـتگی میان نفوذپذیری هوا و بخار آب پارچه های دوروی مورد بررسی، وجود ندارد.



شکل ۶- همبستگی میان نفوذپذیری هوا و بخار آب در بافت ها

از این رو، طراحی پارچه های کشباف جهت استفاده در پوشاک ورزشی پـر تحرک تنها با در نظـر گرفتن نفوذپذیری هوا یـا بخار آب، صحیح نمی‌باشد؛ چرا که میزان وابستگی نفوذپذیری بخار آب به ساختار بافت، به اندازه وابستگی نفوذپذیری هوا به ساختار بافت نمی باشد.

نتیجه گیری

مهم ترین نتایج حاصله از تجربیات صورت گرفته به قرار زیر می باشد:

نفوذپذیری هوای پارچه های کشباف دورو با طرح یکسان، به طول حلقه بسـتگی دارد. با این وجود، از طول حلقـه نمی توان به عنوان پارامتری رایج برای مقایسـه نفوذپذیری هوای پارچه های کشـباف با طرح های گوناکون استفاده نمود.

نفوذپذیری هوای پارچه های کشباف دورو با طرح های مختلف می تواند از طریق نرخ پرکنندگی خطی سـطح پیش بینی گردد. هنگامی که این پارامتر افزایش می یابد، نفوذپذیری هوا نیز زیاد می شود.

پیـش بینی نفوذپذیری بخار آب توسـط طول حلقـه یا نرخ پرکنندگی خطی سطح، غیرممکن می باشد (R^2 = ۰/۱۵۹۲ ضریب تعیین)

اصلی ترین پارامتر تاثیرگذار بر نفوذپذیری بخار آب پارچه های کشباف دورو، نوع ماده خام می باشد، یعنی خصوصیات تری و فتیله ای الیاف.

هیچ همبسـتگی میان نفوذپذیری بخـار آب و نفوذپذیری هوای پارچه های کشـباف دوروی مورد بررسی وجود ندارد، چرا که میزان وابستگی نفوذپذیری بخار آب به سـاختار بافت، به اندازه وابستگی نفوذپذیری هوا به ساختار بافت نمی باشد.

منبع:

FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2011, Vol. 19, No. 3 (86)