بررسی تاثیر پارامترهای ساختاری پارچه و نوع المنت بر رفتار حرارتی در پارچه‌های گرمازای سه لایه تاری پودی

آرش ناظم بوشهری[1]، نازنین اعزاز شهابی[1]، محمد امانی تهران[1]

چکیده

در این تحقیق شش گروه پارچه سه لایه تاری پودی با طرح بافت متفاوت در لایه پشت و رو تولید شدند. همچنین سه نوع المنت گرمازا با جنس‌های تنگستن، نیکل کروم و آلومینیوم کروم به همراه دو نسبت متفاوت پود به المنت، مورد ارزیابی قرار گرفتند. المنتهای گرمازا به عنوان نخ پود پر کننده داخل بافت قرار گرفتند. همچنین قابلیت تولید گرما در این منسوجات تحت دو ولتاژ مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند. به منظور بررسی عملکرد گرمایی نمونه‌های بافته شده، بیشینه دمای نمونه‌ها در هر دو طرف پارچه اندازه‌گیری شد. مطابق نتایج، در بین المنتهای استفاده شده به عنوان عامل گرمازا به صورت پود پر کننده، تنگستن بهترین عملکرد را از حیث دستیابی به بیشینه دما دارا می‌باشد. همچنین نسبت پود به المنت ۱۲ و اعمال ولتاژ ۱۲ ولت باعث تولید بیشینه دما می‌شود. تفاوت طرح بافت نیز تاثیر معناداری بر روی شار گرمایی عبوری ندارد.

مقدمه

بدن انسان در محدوده دمایی ۱۵ تا ۲۸ درجه سانتیگراد احساس راحتی گرمایی میکند، در حالی که محدوده راحتی گرمایی روانی دارای دامنه محدودتری در حدود ۲۲/۲ تا ۲۵/۵ درجه سانتیگراد می‌باشد. منسوجات هوشمند می‌توانند اطلاعات شرایط محیطی را دریافت کرده، تجزیه و تحلیل کنند و خود را با آن منطبق سازند. بنابراین این منسوجات می‌توانند شرایط راحتی مناسبی را برای شخص استفاده کننده فراهم کنند. به همین دلیل منسوجات گرمازا در سالهای اخیر مورد توجه بسیاری قرار گرفتند. این منسوجات به طور کلی به چهار دسته منسوجات گرمازای الکتریکی، مواد تغییر فاز دهنده، منسوجات گرمازای شیمیایی و منسوجات گرمازا با استفاده از سیال تقسیم میشوند. منسوجات گرمازای الکتریکی عموما شامل حسگر، فعالگر، پردازنده اطلاعات، منبع انرژی و رابط کاربری هستند]. کایاخان و همکارانش در سال ۲۰۰۹ با استفاده از نخهای فلزی اقدام به تولید پنل‌های گرمازا کردند. هاو و همکارانش در سال ۲۰۱۲ با استفاد از فیلامنت‌های رسانا، منسوجات منعطف گرمازا تولید کرده و مصرف انرژی آن را بر اساس نیاز کاربر بهینه کردند. یِن و همکارانش در سال ۲۰۱۳ میزان تبادل انرژی و رسانایی گرمایی را به صورت عددی مورد بررسی قرار دادند.روه و همکارانش در سال ۲۰۱۶ سامانه هوشمندی را طراحی کردند که شخص استفاده کننده از لباس به بیشترین راحتی گرمایی دست پیدا کند. به همین جهت یک نخ کامپوزیتی فلزی گلدوزی به منظور حس کردن دما توسط روش‌های عددی و کامپیوتری توسعه داده شد. یک سامانه تنظیم دما نیز توسعه داده شد تا بدون توجه به قدرت منبع تغذیه و شرایط محیطی، دما را ثابت نگه دارد.

۲- تجربیات و آزمایشات

شش نمونه پارچه سه لایه تاری پودی توسط دستگاه نمونه بافی دستی که دارای ۸ ورد می‌باشد بافته شد. طرح افت لایه رو و لایه زیر در این نمونه‌ها، جهت بررسی رفتار گرمایی پارچه متفاوت بوده و همچنین المنت‌ها به عنوان پود پر کننده در بین دو لایه پارچه قرار گرفتند. همچنین جهت بررسی میزان حضور المنت در رفتار گرمایی منسوج، این المنت‌ها با دو مقدار متفاوت نسبت به نخ پود در نمونه قرار گرفتند (برای مثال به ازای هر ۶ پود یا به ازای هر ۱۲ پود یک المنت در داخل ساختار پارچه قرار گرفت) المنت‌های به کار رفته در این تحقیق نیز دارای قطر برابر ۰/۱ میلیمتر و سه جنس تنگستن، نیکل کروم و آلومینیوم کروم می‌باشند. نخ‌های مورد استفاده از جنس اکریلیک با نمره ۲۴/۲ Nm می‌باشند. مشخصات نمونه‌های بافته شده در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشد. به منظور اندازه‌گیری شار حرارتی ایجاد شده در منسوجات سه لایه گرمازا، از حسگر اندازهگیری شار گرمایی استفاده شده است. حسگر گرماسنج مدل FHF02SC ، شار حرارتی عبوری (W/m^2) از جسم را اندازه‌گیری می‌کند. همچنین برای اندازه‌گیری دما میتوان از اتصال یک ترموکوپل نوع T به این سنسور استفاده کرد. خروجی حسگر شار گرمایی براساس سیگنال ولتاژ است که با اعمال یک ضریب منحصر به فرد مطابق رابطه ۱ ، به (W/m^2) قابل تبدیل است.

فرمول

$$S = 5.95 \times 10^{-6}\, V$$

که در این رابطه V مقدار ولتاژ خوانده شده از ولت‌متر بر حسب میلی ولت و S مقدار شار گرمایی عبوری از نمونه پارچه)برحسب فرمول** می‌باشد. به منظور اندازه‌گیری شار گرمایی به ولت‌متر، یک دستگاه اندازه‌گیری ولتاژ و جریان عبوری و یک ترموکوپل(یا صفحه نمایش اطلاعات) جهت مشاهده خروجی سنسور نیاز است. به شکلی که با استفاده از منبع تغذیه دیجیتالی به دو سر آزاد المنت در دو طرف

جدول ۱- مشخصات نمونه‌های بافته شده

شماره نمونه	نوع المنت و (نسبت المنت به پود)	طرح بافت لایه زیر	طرح بافت لایه رو	ضخامت (mm)	وزن (g/m^2)
۱	نیکل کروم (۶)	تافته	سرژه ۲/۲	۲/۶۴	۴۹۳
۲	تنگستن (۶)	تافته	سرژه ۲/۲	۲/۴۸	۴۴۶
۳	آلومینیوم کروم (۶)	تافته	سرژه ۲/۲	۲/۵۱	۴۵۳
۴	نیکل کروم (۱۲)	تافته	سرژه ۲/۲	۲/۸۸	۴۸۵
۵	تنگستن (۱۲)	تافته	سرژه ۲/۲	۳/۰۳	۵۱۳
۶	آلومینیوم کروم (۱۲)	تافته	سرژه ۲/۲	۳/۰۸	۵۵۹

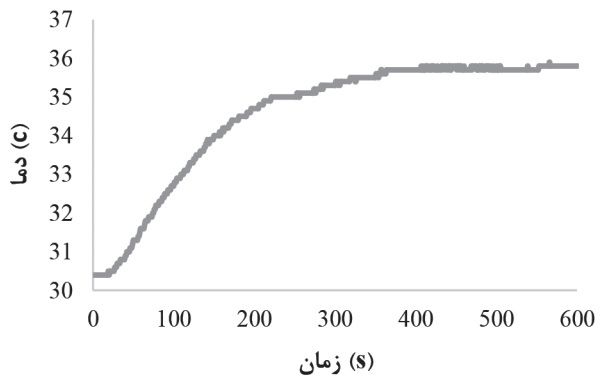
پارچه‌های سه لایه گرمازا جریان اعمال می‌شود.

سپس حسگر شار گرمایی، بر روی پارچه قرار گرفته و سیم‌های آزاد آن به یک مولتی‌متر و یک ترموکوپل نوع T متصل شده است تا مقادیر میلی‌ولت و دمای ایجاد شده در پارچه گرمازا اندازه‌گیری شود. ترموکوپل نیز به کامپیوتر متصل بوده و تغییرات دما در هر ثانیه در نرم‌افزار مربوطه ثبت میشود. به هر پارچه سه لایه گرمازا به مدت ۱۰ دقیقه جریان اعمال شده و تغییرات دما در هر ثانیه ثبت شد. همچنین این فرایند در دو ولتاژ ۹ و ۱۲ ولت اندازه گیری می‌شود.

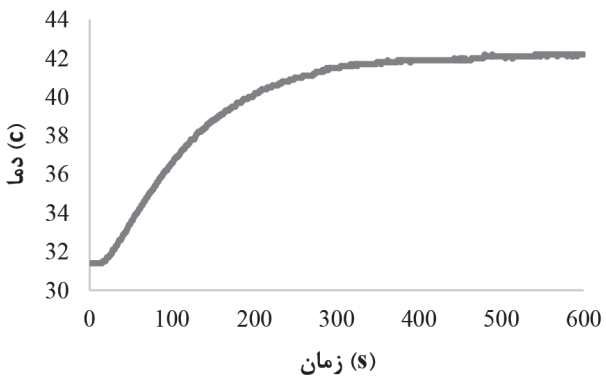
نتایج و بحث

تولید و انتقال گرما، جزو مهمترین ویژگیهای منسوجات گرمازا می‌باشد. این خاصیت برای تمام نمونه‌ها تحت دو ولتاژ ۹ و ۱۲ ولت، به منظور اندازه‌گیری عملکرد گرمایی آنها (نرخ افزایش دما و حداکثر دمای ایجاد شده) مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۱ نمودار افزایش دما برای نمونه ۵ را نشان می‌دهد، لازم به ذکر است که روند تغییرات دمایی مشابهی برای سایر نمونه‌ها نیز به دست آمده است. همان‌طور که از شکل ۱ می‌توان نتیجه گرفت، پس از ایجاد جریان در نمونه، در چهار دقیقه ابتدایی، دما با سرعت زیادی تغییر می‌کند و پس از آن، در سه دقیقه بعدی تغییرات دما به شکل محسوسی کاهش یافته و سرعت افزایش دما کاهش قابل توجهی دارد. در سه دقیقه انتهای آزمایش نیز دما تغییرات چندانی نداشته و مقدار آن تقریبا ثابت می‌شود. به منظور بیان عملکرد گرمایی این منسوجات دو پارامتر بیشینه دما و

نمودار افزایش دما در مدت ۱۰ دقیقه تحت ولتاژ ۹ ولت



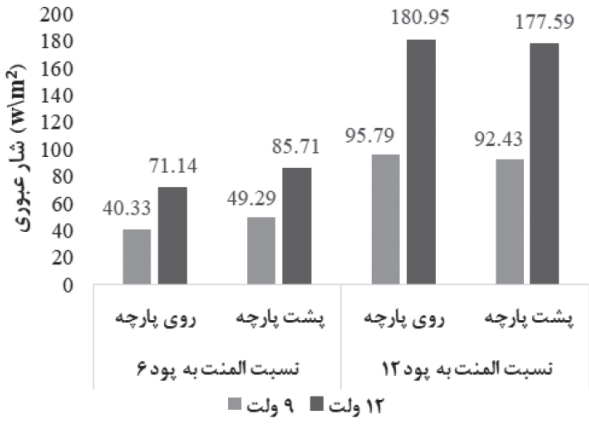
نمودار افزایش دما در مدت ۱۰ دقیقه تحت ولتاژ ۱۲ ولت



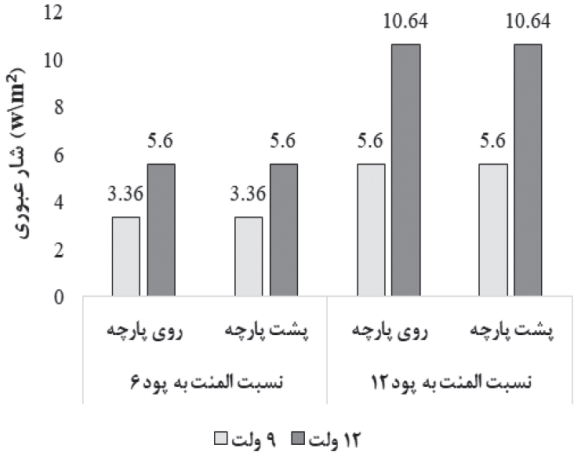
شکل ۱ -نمودار افزایش دما برای نمونه - ۵ تحت ۲ ولتاژ متفاوت

جدول۲- خواص حرارتی نمونه‌های تولید شده

شماره نمونه	بیشینه دمای روی پارچه (۹ ولت)	بیشینه دمای زیر پارچه (۹ ولت)	شار عبوری روی پارچه (۹ ولت)	شار عبوری زیر پارچه (۹ ولت)	بیشینه دمای رو پارچه (۱۲ ولت)	بیشینه دمای زیر پارچه (۱۲ ولت)	شار عبوری رو پارچه (۱۲ ولت)	شار عبوری زیر پارچه (۱۲ ولت)
۱	۲۹/۸۳	۲۹/۹۰	۳/۳۶	۳/۹۲	۲۹/۹۳	۲۹/۹۶	۷/۲۸	۷/۲۸
۲	۳۱/۷۰	۳۲/۰۶	۴۰/۳۳	۴۹/۲۹	۳۴/۱۶	۳۵/۱۶	۷۱/۱۴	۸۵/۷۱
۳	۲۹/۹۶	۳۰/۲۰	۳/۳۶	۳/۳۶	۳۰/۲۳	۳۰/۳۰	۵/۶۰	۵/۶۰
۴	۲۹/۹۰	۲۹/۹۰	۷/۲۸	۷/۲۸	۳۰/۱۰	۳۰/۰۶	۱۳/۴۴	۱۳/۴۴
۵	۳۵/۸۳	۳۵/۵۰	۹۵/۷۹	۹۲/۴۳	۴۱/۳۶	۴۱/۲۳	۱۸۰/۹۵	۱۷۷/۵۹
۶	۲۹/۱۳	۲۹/۲۶	۵/۶۰	۵/۶۰	۳۰/۱۳	۳۰/۰۰	۱۰/۶۴	۱۰/۶۴



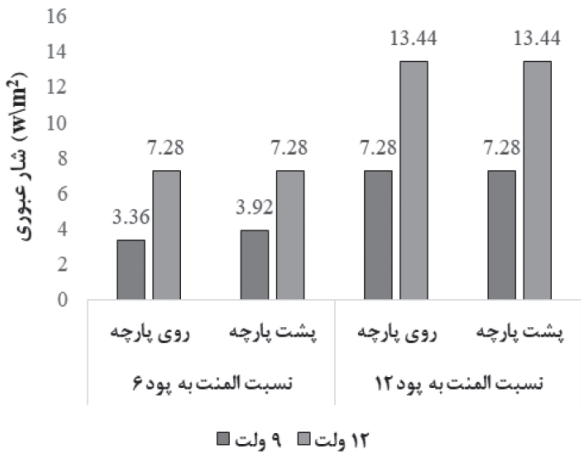
شکل ۲- شار عبوری از پارچه سه لایه گرمازا با جنس المنت تنگستن



شکل ٤- شار عبوری از پارچه سه لایه گرمازا با جنس المنت آلومینیوم-کروم

میزان شار گرمایی توسط دستگاه اندازه‌گیری شار گرمایی اندازه‌گیری شده و نتایج آن در جدول ۲ شرح داده شده است. با توجه به این جدول می‌توان نتیجه گرفت که المنت تنگستن دارای بهترین عملکرد و المنت نیکل کروم دارای ضعیف‌ترین عملکرد از نظر گرمایی در بین سه المنت انتخاب شده، می‌باشد. چرا که بیشینه دما و شار عبوری نمونه‌هایی که در آنها از المنت تنگستن استفاده شده به میزان قابل توجهی بیشتر از نمونه‌های دیگر می‌باشد. همچنین نرخ افزایش دمای نمونه‌هایی که در آن المنت تنگستن به کار رفته بیشتر از نمونه‌های دیگر می‌باشد. شکل ۲ تا ۴ نیز نمودار شار حرارتی ایجاد شده توسط پارچه سه لایه گرمازا با المنت‌های متفاوت را نشان می‌دهد.

همان طور که از این شکل‌ها میتوان نتیجه گرفت، با تغییر نسبت المنت به پود تفاوت چشمگیری در میزان شار عبوری به وجود می‌آید. با بیشتر شدن نسبت پود به المنت به دلیل کوتاه شدن طول المنت و ثابت بودن مقدار ولتاژ اعمالی، گرمای بیشتری تولید می‌شود. از سوی دیگر چنانچه به سادگی از نمودار قابل استنباط است، افزایش ولتاژ اعمالی باعث تولید گرمای بیشتری می‌شود. چرا که فزایش ولتاژ



شکل ۳- شار عبوری از پارچه سه لایه گرمازا با جنس المنت نیکل-کروم

باعث افزایش جریان شده، بنابراین گرمای تولید شده توسط المنت نیز افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است میزان شار گرمایی در حالتی اندازه گیری شده که نمونه توسط دو گیره در حالت معلق قرار گرفته است. در چنین شرایطی و در رابطه با تاثیر طرح بافت بر شار گرمایی نیز می‌توان نتیجه گرفت که این متغیر تاثیر معناداری بر روی شار گرمایی ندارد. چنانچه مشاهده می‌شود در نمونه‌های با جنس المنت نیکل کروم و آلومینیوم؛ کروم مقدار شار گرمایی در دو سمت پارچه برابر می‌باشد و در ارتباط با نمونه بافته شده با المنت تنگستنی مقدار شار گرمایی روند ثابتی را نشان نمی‌دهد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت طرح بافت لایه رو و زیر (به ترتیب سرژه و تافته) تاثیر معناداری بر شار گرمایی عبوری ندارد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه ۶ گروه نمونه سه لایه تاری پودی به همراه ۳ نوع المنت متفاوت از جنس تنگستن، نیکل کروم و آلومینیوم کروم، دو نوع طرح بافت، دو نسبت متفاوت پود به المنت تحت دو ولتاژ ۹ و ۱۲ ولت مورد ارزیابی‌های گرمایی و فیزیکی قرار گرفتند. در این تحقیق المنت‌ها به عنوان پود پر کننده در پارچه قرار گرفتند. بر طبق نتایج، در ولتاژهای برابر بیشترین میزان دما و شار گرمایی متعلق به نمونه‌هایی است که در آن المنت تنگستن استفاده شده است. اعمال ولتاژ ۱۲ ولت باعث دستیابی به دما و شار گرمایی بیشتری می‌شود. همچنین با افزایش نسبت پود به المنت، به دلیل کوتاه شدن طول المنت و ثابت ماندن ولتاژ اعمالی، مقدار گرمای تولید شده بیشتر شده و نمونه به دمای بالاتری میرسد. همچنین میتوان نتیجه گرفت طرح بافت تاثیر معناداری بر شار گرمایی عبوری ندارد.

پی‌نوشت:

۱- دانشکده مهندسی نساجی