



پیشرفت‌ها در کاربرد مواد تغییر فاز دهنده¹ برای خنک کردن لباس

چکیده

قرار گرفتن در معرض دما و رطوبت بالا برای مدت طولانی در هوای گرم تابستان می‌تواند به راحتی باعث افزایش شدید دمای هسته‌ی مرکزی بدن انسان شده و در نتیجه، عملکرد سیستم تنظیم دما را به هم زده و می‌تواند منجر به گرمزدگی، شوک حرارتی یا حتی مرگ شود. به عنوان یک نوع ماده‌ی ذخیره‌کننده‌ی انرژی از طریق گرمای نهان با حجم کم و ظرفیت زیاد، مواد تغییر فاز دهنده عملکرد خوبی در جذب گرمای نهان در البسه دارند. مواد تغییر فاز دهنده اغلب در لباس‌ها تعبیه می‌شوند تا دما و رطوبت فضای محلی لباس را کاهش داده و به طور موثر پدیده‌ی استرس گرمایی بدن انسان را در محیط‌های با دما و رطوبت بالا کاهش دهند و همچنین راحتی فردی که لباس را پوشیده را فراهم آورند. در این بررسی، فاکتورهایی که باید در هنگام انتخاب ماده‌ی تغییر فاز

¹ Phase change material (PCM)

دهنده‌ی مناسب برای لباس در نظر گرفته شود، از سه جنبه خلاصه می‌شوند: دمای تغییر فاز، شکل تغییر فاز و ترکیب آن. اثرات دمای ذوب، ذخیره‌سازی گرما و هدایت حرارتی مواد تغییر فاز دهنده، مقدار مواد تغییر فاز دهنده و منطقه‌ی تحت پوشش و موقعیت ماده‌ی تغییر فاز دهنده بر عملکرد اتلاف حرارتی لباس به صورت خلاصه ارائه شده است. روش‌های استفاده از مواد تغییر فاز دهنده برای کاهش دما و رطوبت فضای داخل لباس بررسی شده و دستورالعمل‌های تحقیقاتی برای بهبود طول عمر مواد تغییر فاز دهنده، تسریع فعال‌سازی مواد تغییر فاز دهنده‌ی غیرفعال شده و ساخت تجهیزات قابل حمل شخصی با عملکرد خنک‌کنندگی و رطوبت‌زدایی مورد بحث قرار گرفته است.

بحث و نتیجه‌گیری

PCMها تأثیر قابل توجهی بر دمای فضای داخلی لباس دارند. در این مقاله، نمونه کاربردهای رایج PCMها در مدیریت گرمای پوشاک خلاصه شده و مزایا و معایب هر نمونه کاربرد و سناریوهای عملیاتی مرتبط با آن تجزیه و تحلیل شده است. کاربردهای متداول PCMها در خنک‌سازی لباس شامل میکروکپسول‌های تغییر فاز دهنده، الیاف تغییر فاز دهنده و بسته‌های PCM است. با این حال، در یک محیط با دما و رطوبت بالا، PCMها به تنهایی نمی‌توانند مشکل رطوبت زیاد داخل لباس را بهبود بخشند، که در نتیجه به راحتی بدن انسان احساس رطوبت نامطلوب خواهد نمود. بنابراین، بسیاری از محققان PCMها را با جاذب‌ها، تهویه و لوله‌های جریان گردابی^۲ ترکیب کرده‌اند تا میزان رطوبت داخل لباس را بهبود بخشند و امکان ایجاد یک محیط خشک و خنک را در داخل لباس فراهم نمایند. در حال حاضر، لباس‌های خنک‌کننده مبتنی بر مواد تغییر فاز دهنده به طور گسترده‌ای به عنوان لباس‌های محافظ حرارتی، لباس‌های محافظ پزشکی و لباس‌های محافظ در برابر آتش استفاده می‌شوند و مواد خنک‌کننده‌ی تغییر فاز دهنده نیز در پارچه‌های خانگی، منسوجات نظامی و سایر زمینه‌ها کاربرد دارند. با این کار مشکل دما و رطوبت زیاد داخل لباس در زمانی که بدن انسان برای مدت طولانی در محیطی با دما و رطوبت بالا قرار دارد حل می‌شود و محیطی خشک و خنک در داخل لباس ایجاد می‌کند که راحتی حرارتی فردی که لباس را پوشیده بهبود خواهد داد. با این حال، هنوز مشکلات زیادی وجود دارد که باید برای کاربردهای آتی مواد تغییر فاز دهنده حل شوند.

1) طول عمر سرویس لباس‌های خنک‌کننده‌ی تغییر فاز دهنده باید افزایش یابد. لباس خنک‌کننده‌ی تغییر فاز دهنده عمدتاً به PCM برای جذب گرمای نهان در لباس یا گرما از سطح بدن در طول فرآیند تغییر

² Eddy current tubes

فاز برای دستیابی به اثر تنظیم دمای فضای داخلی لباس متکی است. با این حال، فرآیند تغییر فاز PCMها محدود است و تغییر فاز معکوس در فرآیند استفاده از لباس قابل انجام نیست، بنابراین PCMها را نمی‌توان برای مدت طولانی استفاده نمود. نحوه‌ی افزایش زمان ارائه سرویس لباس‌های خنک‌کننده تغییر فاز دهنده یا کشف PCMهای جدید با زمان ذوب طولانی‌تر یکی از روندهای اصلی تحقیقات آینده خواهد بود.

2) PCM ذوب شده باید به سرعت فعال شود. پس از ذوب شدن، PCM معمولاً باید در یخچال یا محیطی با دمای پایین دیگر قرار داده شود تا PCM به سرعت دچار تغییر فاز معکوس شود. با این حال، کادر پزشکی نمونه برداری از اسیدهای نوکلئیک و اپراتورهای دمای بالا نیاز به کار طولانی مدت دارند و در محیط کار آنها نمی‌توان محیطی با دمای پایین فراهم نمود، بنابراین افراد متخصص برای تعویض مواد مورد نیاز هستند. این فرآیند پیچیده و زمان‌بر است، بنابراین PCM ذوب شده را نمی‌توان به سرعت فعال کرد. تحقیقات در مورد کوتاه کردن زمان انتظار باید انجام شود.

ساخت دستگاه‌های قابل حمل شخصی با عملکرد خنک‌کنندگی و رطوبت‌زدایی یکی از روندهای اصلی تحقیقات آینده خواهد بود. PCMها چشم‌انداز کاربردی امیدوارکننده‌ای در تنظیم دمای فضای داخلی لباس دارند، اما مقاومت لباس در برابر آب را افزایش می‌دهند. این امر منجر به تضعیف توانایی پخش رطوبت لباس، به ویژه در محیط‌های با دما و رطوبت بالا شده و رطوبت در لباس به راحتی افزایش می‌یابد و در نتیجه احساس ناراحتی برای فرد ایجاد می‌شود. اگرچه ترکیب PCMها و خشک‌کننده‌ها، تهویه و لوله‌های جریان گردابی می‌تواند رطوبت داخل لباس را کاهش دهد، اما مقاومت حرارتی لباس با استفاده از یک خشک‌کننده افزایش می‌یابد و در نتیجه زمان استفاده از PCM کوتاه می‌شود. دستگاه‌های تهویه دارای الزامات دما، رطوبت و کیفیت بالایی برای شرایط محیطی در فضای باز هستند و لوله‌های جریان گردابی، حرکت فردی که لباس را پوشیده را محدود می‌کنند. بنابراین، ساخت دستگاه‌های قابل حمل شخصی با عملکرد خنک‌کنندگی و رطوبت‌زدایی بسیار مهم است.

کلمات کلیدی: مواد تغییر فاز دهنده، خنک‌کنندگی و رطوبت‌زدایی، آسایش حرارتی، پیشرفت کاربردها.

Ref: Wang, F.; Pang, D.; Liu, X.; Liu, M.; Du, W.; Zhang, Y.; Cheng, X.; Progress in application of phase-change materials to cooling clothing, Journal of Energy Storage, 2023, 60, 106606.

DOI: 10.1016/j.est.2023.106606