POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

مواد تغییر فاز دهنده نانو تقویت شده معاصر: طبقه‌بندی و کاربردها در سیستم‌های مدیریت انرژی حرارتی

چکیده

مواد تغییر فاز دهنده نانو تقویت شده (NePCM[1]) فناوری امیدوارکننده با هدف کاهش مصرف انرژی جهانی با حداکثر رساندن ظرفیت حرارتی و به حداقل رساندن اتلاف حرارت مواد تغییر فاز دهنده (PCM[2]) مرسوم است. ظرفیت‌های حرارتی برتر، رسانایی حرارتی و پایداری NePCM موضوع تحقیقات گسترده‌ای بوده است و هدف این بررسی طبقه‌بندی NePCMهای اخیراً بررسی‌شده بر اساس اجزا و دمای ذوب آن‌ها است. این بررسی با ارائه طبقه‌بندی جامع از NePCMهای گزارش شده در پیشینه پژوهش، با توجه به دمای ذوب و ترکیب آن‌ها، درک عمیق‌تری از این مواد را ارائه می‌دهد. علاوه بر این، کاربردهای مختلف NePCM در سیستم‌های مدیریت حرارتی (TMS[3]) می‌پردازد و روش‌های فعلی را برای بهبود عملکرد آن‌ها با اصلاح پارامترهای هندسی و پیکربندی توصیف می‌نماید. علاوه بر این، طبقه‌بندی جدید برای NePCMهایی که مستقیماً در دسته‌های PCM موجود قرار نمی‌گیرند، معرفی شده است و نموداری برای ارجاع متقابل این طبقه‌بندی با دما و ترکیب ایجاد می‌شود. این بررسی همچنین شکاف‌های موجود در پژوهش‌ها را شناسایی نموده و زمینه‌هایی را برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌نماید و منبع ارزشمندی را برای علاقه‌مندان به این زمینه فراهم می‌نماید.

کلمات کلیدی: NePCM، نانوذرات، مواد تغییر فاز دهنده، سیستم‌های مدیریت حرارتی.

Keywords: NePCM, nanoparticles, phase change material, thermal management systems.

[1] Nano-enhanced phase change material
[2] phase change materials
[3] thermal management systems

نتیجه‌گیری

این مطالعه ضمن بررسی پیشرفت‌های اخیر در مدیریت حرارتی سیستم‌های انرژی با استفاده از NePCM، رویکرد جدیدی را برای طبقه‌بندی NePCM با توجه به اجزای تشکیل‌دهنده آن ارائه نموده است. این بررسی روند تحقیقات فعلی را برجسته نموده و به جهت احتمالی تحقیقات آینده اشاره نموده است. بر اساس این بررسی، بیشترین مورد مطالعه NePCMها، PCMهای مبتنی بر آلی، به ویژه پارافین و پایه اسید هستند. در سال‌های اخیر کار اندکی روی الکل‌های چرب و اترها یافت شده است که نشان‌دهنده کاربرد بیشتر اسیدها نسبت به PCMهای آلی است. از سوی دیگر، NePCMهای معدنی نادر هستند. در سال‌های اخیر هیچ کاری بر روی PCMهای مبتنی بر آلیاژ یافت نشده است، زیرا در دهه گذشته این مورد به خوبی بررسی شده است. افزودن احتمالی نانوذرات در PCM مبتنی بر فلز می‌تواند مسائلی مانند ناسازگاری شیمیایی و ناپایداری ساختاری را ایجاد نماید. بنابراین، فضای اندکی برای کاربردهای عملی وجود دارد.

علاوه بر این، اشاره شد که در دو تا سه سال گذشته، مطالعات تحقیقاتی روی NePCMها از PCMهای تک پایه به یوتکتیک تغییر نموده است. در حین مطالعه PCMهای یوتکتیک، طی روشی معمول برای محققان است تا مقایسه با هر یک از PCMهای پایه منفرد را نشان دهند. این مقایسه بینش‌هایی را در مورد تغییر در خواص مخلوط یوتکتیک که از ماده اصلی جدا می‌شود، ارائه می‌دهد. در بیشتر موارد، دمای ذوب به طور قابل توجهی تغییر نمی‌نماید. با این حال، گرمای نهان مورد نیاز برای تغییر فاز به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. از این رو مصرف انرژی کاهش می‌یابد. روند کلی را می‌توان در دمای ذوب مشاهده نمود: موم پارافین و اسیدهای چرب کمترین مقدار را دارند و پس از آن الکل‌های چرب و NePCM آلی یوتکتیک قرار دارند. نمک‌های هیدرات در دمای متوسط ($120\ ^\circ C < T < 300\ ^\circ C$) ذوب می‌شوند، در حالی که NePCMهای معدنی یوتکتیک در دماهای بالا ($T > 300\ ^\circ C$) ذوب می‌شوند.

بررسی جامع دو موضوعی که این مطالعه برجسته نموده است: (۱) سردرگمی بین PCMهای کپسوله شده با نانو (NEPCM) و PCMهای نانو تقویت شده (NePCM)، و (ب) طبقه‌بندی برای NePCM که از ترکیب دو یا چند نانوذره تهیه شده است. از آنجایی که کل بررسی بر روی PCMهای نانو تقویت شده که در مخفف آن با "e" کوچک نامیده می‌شوند تمرکز نموده و به جای هر ذره مجزا که در داخل PCM کپسوله شده است، تنها کار مربوط به PCMهای ادغام شده با نانوذرات در سرتاسر محیط را ارائه می‌دهد. برای طبقه‌بندی PCM چند نانوذره،

عبارت PCM ترکیبی پیشنهاد شد تا به عنوان استانداردی برای مطالعات آینده با طبقه‌بندی‌های فرعی یوتکتیک و غیر یوتکتیک به‌طور معمول استفاده شود.

هنگام بررسی کاربرد، مشخص شد که جنبه‌های هندسی ظرف NePCM یا کانالی که از طریق آن جریان می‌یابد نیز یک موضوع مهم است. تغییر شکل و اندازه ظرف و دیواره‌های آن نیز در نشریات مختلف مورد بحث قرار گرفته است. انبوهی از تحقیقات در مورد جریان لوله باعث ایجاد مبدل حرارتی در مقیاس میکرو با هر دو پیکربندی همراه فین و بدون آن شد. با توجه به رفتار منحصر به فرد NePCMها مانند کاهش انتقال حرارت با افزایش درصد وزنی پس از آستانه معین و به عنوان مبدل‌های حرارتی با فین‌های مخالف با عملکرد بدتر از بدون فین، آنها را به کاندیدای تحقیقاتی جالب تبدیل می‌نماید. همچنین مشاهده شد که پژوهش اندکی برای هندسه و کانال‌های منحنی در دسترس است. پتانسیل بررسی عملکرد ذخیره‌سازی حرارتی NePCM مشابه مخازن ذخیره‌سازی بزرگ مانند استوانه‌ای، کروی، یا بیضوی وجود دارد. کانال‌های منحنی شامل خم‌های L و U شکل، یا کانال‌های مارپیچ بلند هنوز ناشناخته هستند.

این بررسی شامل تکنیک‌های جمع‌آوری، آماده‌سازی، تثبیت و ذخیره‌سازی NePCMS نمی‌شود، زیرا مجموعه گسترده‌ای از پژوهش‌ها در مورد این موضوعات وجود دارد. با این حال، پیشنهاد می‌شود که ممکن است بررسی‌های بیشتری در مورد روش‌های فعلی و آینده برای سنتز سازگار با محیط زیست و پایداری NePCM انجام شود که از انرژی کمتر یا بدون مصرف یا فقط انرژی پاک و پایدار برای آماده‌سازی آن‌ها استفاده می‌نماید. همچنین پنجره‌ای از روش‌های دفع و بازیافت سازگار با محیط زیست برای NePCM وجود دارد.

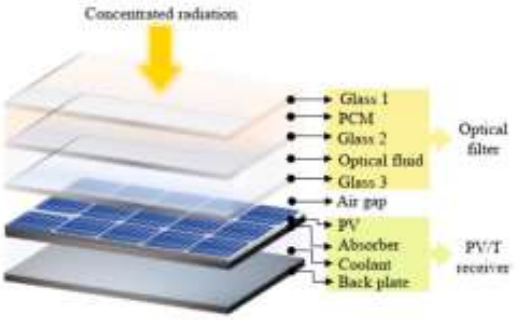
Reference

Aziz, A., Waheed, W., Mourad, A., Aissa, A., Younis, O., Abu-Nada, E., & Alazzam, A. (2024). Contemporary nano enhanced phase change materials: Classification and applications in thermal energy management systems. *Journal of Energy Storage*, *75*, 109579.

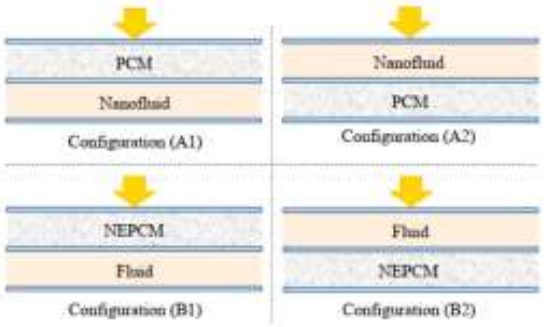
Doi: https://doi.org/10.1016/j.est.2023.109579

ترجمه و ویرایش: دانیال ابراهیم‌زاده

Datalogger and IV Tracer
PV
PVT
PVT-PCM
PVT-NePCM
PV-PCM


Concentrated radiation
Glass 1
PCM
Glass 2
Optical fluid
Glass 3
Air gap
PV
Absorber
Coolant
Back plate
Optical filter
PV/T receiver

(a)


PCM
Nanofluid
Configuration (A1)
Nanofluid
PCM
Configuration (A2)
NEPCM
Fluid
Configuration (B1)
Fluid
NEPCM
Configuration (B2)

(b)