

مواد تغییر فاز دهنده هیدرات نمک تقویت شده با افزودنی نانو برای افزایش ذخیره انرژی

گرمایی

چکیده

ذخیره انرژی نقش اساسی در توسعه پایدار دارد. تمرکز بر ذخیره انرژی با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده (PCM¹) به دلیل ارزش گرمای نهان بالا، کانون تحقیقاتی فعلی می‌باشد. با این وجود، هدایت گرمایی ضعیف، فرا سرمایه‌اش، جداسازی فاز، ماهیت خورنده نمک هیدرات نگرانی بزرگی است. نگرانی مربوط به ویژگی‌های PCM با استفاده از افزودنی‌های نانو حل می‌شود. تمرکز عمده تحقیقات بر روی پراکندگی افزودنی نانو با PCM بستگی دارد به: الف) تکنیک تهیه یک PCM کامپوزیت جدید؛ ب) بهبود خصوصیات ترموفیزیکی آن‌ها؛ و ج) کاربرد پیشرفته برای آسایش انسان بدون آلودگی محیط زیست. این مقاله یک بررسی انتقادی از تکنیک‌های هیبریداسیون افزودنی‌های فلز، کربن و پلیمر بر روی PCM‌های هیدرات نمک ارائه می‌نماید. برای راحتی پژوهشگران، تغییرات قابل توجه در خواص ترموفیزیکی نمک هیدرات با افزودنی‌های نانو به طور اساسی مقایسه، تجزیه و تحلیل و بررسی انتقادی می‌شود. این مقاله مروری همچنین شامل کاربرد پیشرفته PCM‌های هیدرات نمکی بر پایه افزودنی نانو است.

کلمات کلیدی

مواد تغییر فاز دهنده هیدرات نمک، هیبریداسیون، نانو افزودنی‌ها، نانو ذره کربن، ویژگی گرمایی، ذخیره انرژی گرمایی، کاربردهای PCM، مواد تغییر فاز دهنده معدنی.

¹ Phase change material

نتیجه‌گیری

هیدرات‌های نمکی بر پایه افزودنی نانو می‌توانند به طور موثر بر معایب هدایت گرمایی، فوق سرمایش و جداسازی فاز PCM‌های معمولی غلبه نمایند که آن‌ها را برای کاربردهای TES² بسیار توانمند می‌سازد. اهمیت هیدرات‌های نمک تحقیقات زیادی را در دهه اخیر به خود جلب نموده است. در این مقاله مروری، نویسندگان به طور مشخص پیشرفت‌ها در دوپینگ نانو هیدرات نمک، عملکرد گرمایی و کاربردهای هوشمند آن‌ها را خلاصه نموده‌اند. نتیجه‌گیری و نظرات نویسندگان در مورد PCM‌های هیدرات نمکی با نانو مواد افزودنی پراکنده در زیر آمده است:

- با توجه به دوپینگ نانو افزودنی به هیدرات نمک، عمدتاً سه ماده در نظر گرفته می‌شود: الف) افزودنی فلزی که به صورت پودر و فوم فلزی وجود دارد؛ ب) افزودنی کربن که بر اساس ابعاد آن‌ها به‌عنوان 0D، 1D، 2D و 3D طبقه‌بندی می‌شود که در آن از افزودنی‌های نانو فولرن، CNT³/CNF⁴، گرافن و گرافیت استفاده می‌شود؛ ج) مواد افزودنی پلیمری. نانو کامپوزیت فلزی به شکل فوم فلزی نقش عمده‌ای را در بهبود سرعت هدایت گرما نشان می‌دهد و همچنین اثرات فوق سرمایش هیدرات نمک را تضعیف می‌نماید. گرافن به دلیل رسانایی حرارتی و مساحت سطح بالاتر، تأثیر قابل توجهی بر دوپینگ با PCM دارد. افزودنی‌های کربنی عمده‌ترین افزودنی‌های نانو هستند که با بیشتر PCM‌های هیدرات نمک دوپ شده‌اند و خواص گرمایی بیشتری را به دست می‌آورند. با این حال، نبود مطالعات در مورد ماهیت هیدروفیلی افزودنی‌های کربن چند بعدی با PCM هیدرات نمک توسط نویسندگان مختلف مورد بحث علمی قرار نگرفته است.

² Thermal energy storage

³ carbon nano tube

⁴ carbon nano fibre

- تکنیک‌های هیبریداسیون متعددی برای گنجاندن نانو افزودنی‌های فلزی، پلیمری و کربنی در هیدرات نمک وجود دارد. با این حال روش بسیار قابل قبول برای پراکندگی افزودنی به PCMها هیدرات نمک عبارتند از: الف) ذوب و اختلاط مستقیم؛ ب) روش اشباع خلاء؛ ج) اختلاط مستقیم و به دنبال آن فراصوت و همزدن مغناطیسی. برای تهیه قرص‌های جامد، اغلب فرآیند پخت توسط محققین دنبال می‌شود. تمام کارهای تحقیقاتی انجام شده تا کنون در رابطه با شناسایی و افزایش خواص ترموفیزیکی فقط برای کاربرد در مقیاس آزمایشگاهی بوده و تغییراتی در مقدار فوق سرمایش وجود دارد که توسط نویسندگان مختلف با توجه به عوامل اتصال و افزودنی‌های مختلف گزارش شده است.
- تحقیقات بسیار محدودی در مورد تأثیر ساختار مورفولوژیکی، اندازه افزودنی نانو، غلظت نانو افزودنی بر ویژگی ترموفیزیکی هیدرات نمک انجام شده است.
- رسانایی حرارتی PCMهای هیدرات نمک تقریباً 2000% در پراکندگی EG⁵ افزایش می‌یابد، با این حال، کار تحقیقاتی نویسندگان خاص کاهش هدایت گرمایی PCMهای هیدرات نمک را با پراکندگی EP⁶ نشان می‌دهد. به طور مشابه، گرمای نهان PCMهای هیدرات نمک حداکثر تا 54% کاهش یافته است، با این حال، اکثر مواد افزودنی نانو، تغییر آنتالپی را 10-20% کاهش دادند که کمتر از مقدار مجاز بود. تغییر در نقطه ذوب هیدرات نمک بین 20%- و 20%+ بود. جلوگیری کامل از اثر فوق سرمایش با گنجاندن $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ با SAT⁷ مشاهده شد، اما با همان افزودنی فلزی که با سایر هیدرات‌های نمکی دوپ شده است، برای مطالعه اثر فرا سرمایش کار

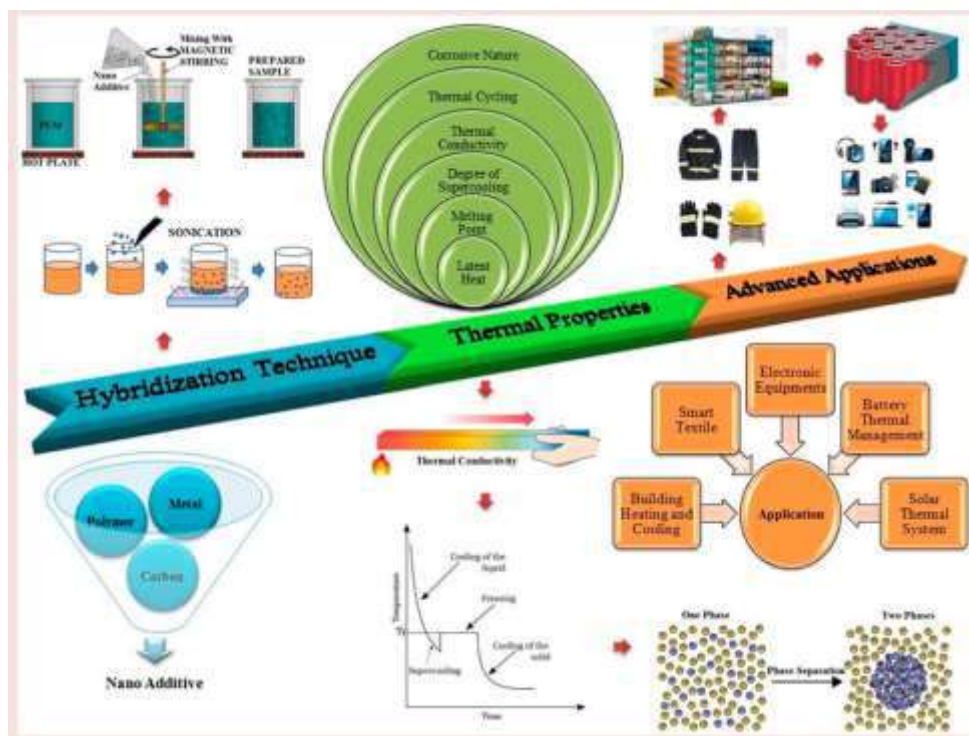
⁵ expanded graphite

⁶ expanded perlite

⁷ sodium acetate trihydrate

نمی‌شود. اما اثر فرا سرمایه‌ش تا 600% بر پراکندگی نانو مس با PCM هیدرات نمک افزایش یافت، زیرا آن‌ها عوامل غیر هسته‌زا هستند. بسیاری از مطالعاتی که بر کاهش فوق سرد شدن در هیدرات نمک با عوامل هسته‌زا تأکید می‌نمایند، آزمایش‌های خود را با کمتر از 50 چرخه حرارتی محدود نموده‌اند و از تأخیر در قابلیت اطمینان عوامل هسته‌زا برای کاربرد طولانی مدت ضمانت می‌دهند. علاوه بر این، ساختارهای کریستالی هنوز با جزییات بررسی نشده‌اند.

- از دیدگاه کاربردی، PCM هیدرات نمک نانو به دلیل هزینه کم هیدرات نمک به طور گسترده در کاربرد گرمایش و سرمایه‌ش ساختمان استفاده می‌شود. به دلیل ماهیت خورنده هیدرات نمک، آن‌ها هنوز با ابزارهای الکترونیکی مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. هر کار پژوهشی برای تبدیل معایب هر نظریه و کاربرد به مزایا آغاز می‌شود. یکی از ایرادات PCM هیدرات نمک، درجه فوق سرد شدن است. ذخیره و انتشار گرمای PCM‌ها همیشه وابسته به دما هستند. در مقابل، استفاده از اثر فرا سرمایه‌ش PCM‌های هیدرات نمک برای مدیریت گرمایی بهبود یافته باتری الکتریکی یک کار تحقیقاتی برجسته است که توسط مکانیزم ماشه‌ای برای شروع انتشار گرما و ذخیره‌سازی بر اساس نیاز عمل می‌نماید.



Reference:

Kalidasan, B., et al. "Nano additive enhanced salt hydrate phase change materials for thermal energy storage." *International Materials Reviews* 68.2 (2023): 140-183.

<https://doi.org/10.1080/09506608.2022.2053774>

ترجمه و ویرایش: دانیال ابراهیم زاده