

رفتار حرارتی و عملکرد بازدارنده شعله میکروکپسول‌های مواد تغییر فاز با نانولوله هالوئیت

چکیده

مواد تغییر فاز دهنده (PCM^1) پتانسیل اضافه شدن به پوشش‌ها را برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی دارند، در حالی که هدایت حرارتی پایین، پایداری حرارتی ضعیف و اشتعال‌پذیری کاربرد آن را محدود می‌نماید. در این مطالعه، میکروکپسول جدید نانولوله هالوئیت (HNT^2) دوپ شده با PCM ($H-PCM$) با موفقیت تهیه و در پوشش‌های رزین اپوکسی ($H-PCM-EP$) برای دستیابی به کنترل دما اعمال شد. بسیاری از ویژگی‌های PCM میکروکپسول آماده شده مانند مورفولوژی سطح، عملکرد تبدیل فاز و داده‌های احتراق مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میکروکپسول $H-PCM$ با ساختار هسته-پوسته شفاف با موفقیت آماده شد. در مقایسه با اولین میکروکپسول PCM ، میکروکپسول $H-PCM$ پایداری حرارتی و هدایت حرارتی بهتری داشت. در حالی که فرآیند ذوب اسید کاپریک در میکروکپسول $H-PCM$ از $31.62^\circ C$ به $31.04^\circ C$ در مقایسه با میکروکپسول PCM ، که به عنوان عملکرد پل مانند HNT در نظر گرفته می‌شد، بهبود یافت. علاوه بر این، قابلیت اشتعال‌پذیری و کنترل دما $H-PCM-EP$ نیز مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های اوج رهاسازی حرارت، انتشار حرارت کل و انتشار دود کل نشان داد که افزودن HNT در میکروکپسول PCM می‌تواند به طور قابل توجهی تأثیر PCM در کامپوزیت‌های اپوکسی رزین (EP) را بر خطرات آتش‌سوزی کاهش دهد. قابل ذکر است، نتایج آزمایش مدل اتاق کوچک و تصویرگر حرارتی مادون قرمز نشان می‌دهد که استفاده از $H-PCM-EP$ می‌تواند دمای داخلی اتاق را تنظیم نماید

¹ Phase change material

² halloysite nanotube

و محدوده آسایش دمایی را با نوسانات کمتر حفظ نماید. این ویژگی‌ها کاربرد میکروکپسول H-PCM را در پوشش‌های کنترل دما افزایش می‌دهد.

کلمات کلیدی: نانو لوله هالوزیت، مواد تغییر فاز دهنده، میکروکپسول، رزین اپوکسی، کنترل حرارتی.

Keywords: Halloysite nanotube, Phase change material, Microcapsule, Epoxy resin, Temperature control.

نتیجه‌گیری

کار حاضر با موفقیت میکروکپسول PCM دوپ شده با HNT را از طریق روش پلیمریزاسیون درجا تهیه نموده و آن را در پوشش‌های EP برای ذخیره‌سازی حرارتی ساختمان اعمال می‌نماید. مشخصات TEM، FTIR و TGA نشان می‌دهد که میکروکپسول اصلاح شده HNT با قطر حدود 600 نانومتر با موفقیت ساخته شده است. با توجه به تست‌های TGA و MCC، ادغام HNT در پوسته می‌تواند پایداری PCM را بهبود بخشد. علاوه بر این، منحنی‌های DSC ثابت نمودند که فرآیند تغییر فاز میکروکپسول‌های PCM پس از پلیمریزاسیون به تأخیر می‌افتد، که ناشی از هدایت حرارتی پایین پوسته PMMA است. با این حال، ادغام HNT با ساختار منحصر به فرد شبه لومن می‌تواند به طور موثری خواص ترموفیزیکی PMMA را با اتصال به داخل و خارج به عنوان پل بهبود بخشد. پس از اصلاح، دمای ذوب اولیه میکروکپسول‌ها از 31.62°C به 31.04°C افزایش یافت. علاوه بر این، گرمای نهان میکروکپسول‌های CA، PCM و میکروکپسول‌های HPCM به ترتیب 145.32 J/g ، 104.21 J/g و 100.76 J/g است.

پس از افزودن میکروکپسول‌ها به پوشش‌های EP، بازدارندگی شعله و توانایی تنظیم دما مورد آزمایش قرار می‌گیرند. داده‌های آزمایش کالری‌سنج مخروطی نشان می‌دهد که وجود میکروکپسول‌های H-PCM در EP فرصتی برای بهبود بازدارندگی شعله ارائه می‌دهد و H-PCM-EP pHRR در حالی که در مقایسه با EP و PCM-EP به طور جداگانه به میزان 20.25% و 32.93% کاهش می‌یابد. مدل اتاق کوچک خود ساخته و دوربین

تصویربرداری حرارتی مادون قرمز برای آزمایش توانایی کنترل دما و راحتی کامپوزیت‌های EP در کاربرد عملی استفاده می‌شود. همانطور که نتیجه نشان می‌دهد، دمای اتاق داخلی H-PCM-EP در مقایسه با EP و PCM-EP نوسانات کمی دارد که نشان می‌دهد H-PCM-EP بهترین قابلیت کنترل دما را دارد و قادر به تنظیم حرارتی است.

اگرچه این نتایج آزمایشگاهی به هدف مورد نظر دست یافته‌اند، اما تحقیقات کنونی به دلیل شرایط آزمایشی محدود شده است و در انجام کنترل دما و آزمایش بازدارنده شعله در ساختمان‌های واقعی شکست خورده است. بنابراین، نتایج اولیه باید با دقت بسیار به ساختمان‌های مقیاس بزرگ تعمیم داده شود و ما در نظر داریم که اندازه مطالعه را تا حد امکان گسترش دهیم و شبیه‌سازی عددی را برای تجزیه و تحلیل اثر شبیه‌سازی اندازه واقعی در آینده ترکیب نماییم. در این مطالعه، میکروکپسول H-PCM با تعبیه HNT در پوسته میکروکپسول تهیه شد. HNT به عنوان یک کانال رسانش گرما، محیط حرارتی داخل و خارج را به هم متصل نموده که انتقال حرارت میکروکپسول را افزایش می‌دهد. در نهایت، میکروکپسول H-PCM طراحی شده نه تنها ذخیره گرما و راندمان رهاسازی میکروکپسول‌های تغییر فاز دهنده را بهبود می‌بخشد، بلکه عملکرد بازدارنده شعله آن را نیز افزایش می‌دهد.

Reference

Kang, Moyun, et al. "The thermal behavior and flame retardant performance of phase change material microcapsules with halloysite nanotube." *Journal of Energy Storage* 60 (2023): 106632.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.106632>

ترجمه و ویرایش: دانیال ابراهیم‌زاده

