

اثر فولرن C₆₀ بر آنتالپی انتقال فاز موم پارافین: کالری‌سنجی و تجزیه و تحلیل ساختاری

چکیده

در این مطالعه، اثر افزودنی‌های جزئی فولرن C₆₀ بر آنتالپی انتقال فاز ماده تغییر فاز دهنده (PCM¹) به صورت آزمایشی مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور، محلول‌های مولکولی پایدار موم پارافین (PW²) و فولرن C₆₀ از نظر ظرفیت گرمایی مؤثر و آنتالپی انتقال فاز نفوذ در محدوده دمایی (27 تا 35 °C) و کسر جرمی C₆₀ تا حداکثر 0.000746 g•g⁻¹ مورد بررسی قرار گرفتند. انتخاب C₆₀ به عنوان افزودنی PW بر اساس این فرضیه بود که مقدار اندکی از C₆₀ به اصلاح ساختار داخلی PW و در نتیجه تغییر در خواص کالری آن کمک می‌نماید. برخی از عواملی که ممکن است بر عدم قطعیت داده‌های تجربی به دست آمده تأثیر بگذارد، مورد بررسی قرار گرفت. نشان داده شد که آنتالپی انتقال فاز برای PW/C₆₀ در محدوده دمایی (40 تا 60 °C) در طول سرمایش از 154.0 J•g⁻¹ (برای PW خالص) به 194.7 J•g⁻¹ (برای PW حاوی C₆₀ 0.000746 g•g⁻¹) افزایش می‌یابد و در طول گرمایش از 233.2 J•g⁻¹ به 182.3 J•g⁻¹ (PW حاوی C₆₀ 0.000746 g•g⁻¹) کاهش می‌یابد. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده تأثیر تعیین‌کننده C₆₀ بر ساختار PW در حالت مایع و جامد است. با تجزیه و تحلیل ساختاری اضافی تأیید شد که PW خالص دارای حداقل حجم سلولی در مقایسه با PW/C₆₀ است. افزودن C₆₀ به PW به گسترش سلول کمک می‌نماید و نشان می‌دهد که مولکول‌ها بسته‌بندی محکم خود را از دست می‌دهند. وابستگی واضحی بین آنتالپی ذوب و حجم سلول واحد برای نمونه‌های PW/C₆₀ پیدا شد. مشاهده شد که انبساط واحد سلولی PW به دلیل افزودن C₆₀، هیستریزس آنتالپی را در چرخه گرمایش و سرمایش کاهش می‌دهد که به عنوان پارامتر کلیدی که بر کارایی ماده ذخیره کننده انرژی حرارتی تأثیر می‌گذارد. این اثر مثبت ممکن است به دلیل تغییر ساختاری در PW در طول چرخه‌های ذوب-انجماد باشد.

کلمات کلیدی: انتقال فاز نفوذ، مواد تغییر فاز دهنده، موم پارافین، فولرن C₆₀، آنتالپی، آنالیز ساختاری.

¹ phase change material

² paraffin wax

Keywords: Diffuse phase transition, Phase change material, Paraffin wax, Fullerene C₆₀, Enthalpy, Structural analysis.

نتیجه گیری

این مطالعه اثر افزودنی‌های جزئی فولرن C₆₀ را بر تفاوت آنتالپی انتقال فاز ماده تغییر فاز دهنده موم پارافین (PW) گزارش می‌نماید. برای این منظور، مواد کامپوزیتی PW/C₆₀ پایدار به صورت محلول‌های مولکولی غیراشباع تهیه شدند.

بررسی خواص کالری با روش گرمایش یکنواخت در کالری‌سنج مخصوص انجام شد. مزیت اصلی طرح پیشنهادی گرماسنج امکان بررسی اثر غلظت‌های کوچک افزودنی‌های فولرن C₆₀ در PW بر دینامیک تبدیل‌های فاز در نمونه‌های با جرم بزرگ (70 تا 80) گرم است. دینامیک انتقال فاز پراکنده مرتبه اول در مواد کامپوزیتی نشان داده شده که تحت تأثیر عوامل زیر قرار می‌گیرد:

- حلالیت هوا در PW،
 - انتقال فاز ساختاری در فاز جامد و مایع،
 - حالت‌های ناپایدار در PW،
 - وجود مواد افزودنی فولرن C₆₀ موثر بر ساختار PW در فازهای مایع و جامد،
 - غلظت C₆₀ در PW،
 - وجود گرادیان دما در طول گرمایش و سرمایش نمونه‌های مورد مطالعه.
- بسیار مهم است که افزودنی‌های جزئی فولرن C₆₀ بر تفاوت‌های آنتالپی ذوب و انجماد PW تأثیر متفاوتی بگذارد. در طی حالت سرمایش، C₆₀ به افزایش اختلاف آنتالپی انتقال فاز در محدوده دمایی (40 تا 60 °C) از 154.0 J•g⁻¹ (برای PW خالص) به 194.7 J•g⁻¹ (برای PW حاوی C₆₀ 0.000746 g•g⁻¹) افزایش می‌یابد که 26.4% است. در مقابل، در طی حالت گرمایش، C₆₀ به کاهش اختلاف آنتالپی انتقال فاز در همان محدوده دمایی از 233.2 J•g⁻¹ به 182.3 J•g⁻¹ (PW حاوی C₆₀ 0.000746 g•g⁻¹) کاهش می‌یابد که 21.8% است. این نتیجه با آزمایش پراش اشعه ایکس تأیید شد و با کمک آنالیز ساختاری توضیح داده شد و نشان داد که افزودن فولرن C₆₀ منجر به گسترش سلول واحد PW می‌شود. با افزایش حجم سلول واحد، اختلاف آنتالپی ذوب کاهش می‌یابد در حالی که اختلاف آنتالپی انجماد افزایش می‌یابد تا جایی که تقریباً برابر می‌شوند و هیستریزس گرمایش و سرمایش عملاً از بین می‌رود. چنین نتیجه‌ای برای کارایی برنامه TES اهمیت زیادی دارد.

Reference

Zhelezny, V., Ivchenko, D., Hlek, Y., Khliyeva, O., Zajdel, P., Shestopalov, K., ... & Grosu, Y. (2023). Effect of fullerene C₆₀ on phase transition enthalpy of paraffin wax: Calorimetry and structural analysis. *Journal of Energy Storage*, 72, 108713.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.108713>

ترجمه و ویرایش: دانیال ابراهیمزاده

