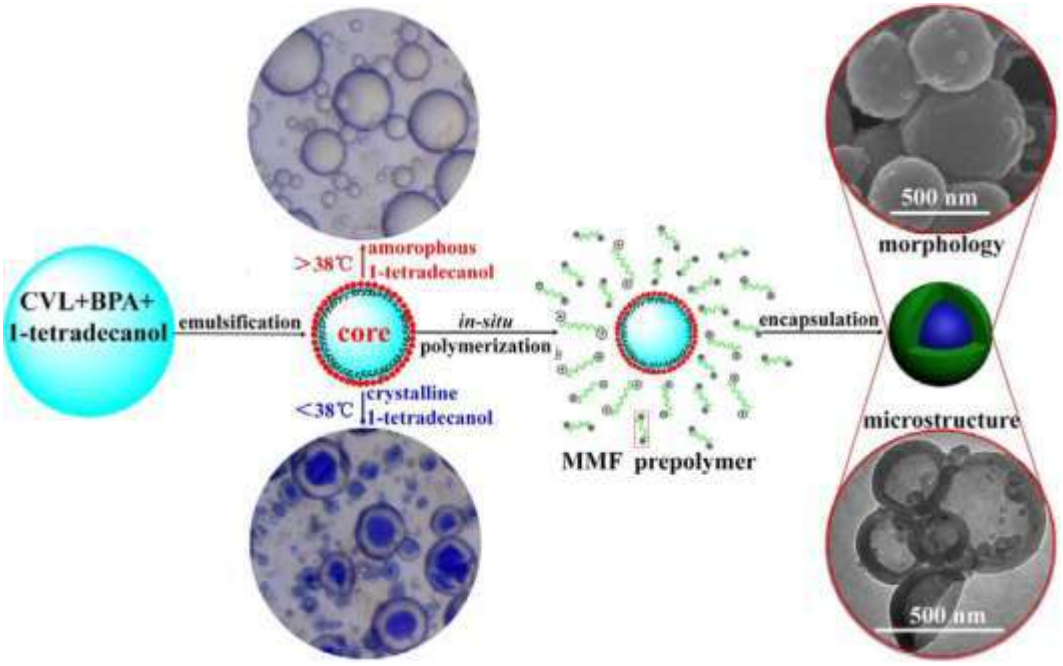
POLYMPART
مرجع پلیمر در بازار ایران



مواد تغییر فاز دهنده‌ی کپسوله‌شده‌ی ترموکرومیک[1] برگشت‌پذیر به منظور ذخیره‌ی انرژی حرارتی در لباس‌های محافظ حرارتی

چکیده

در این مطالعه، مجموعه‌ای از مواد تغییر فاز دهنده‌ی کپسوله شده‌ی ترموکرومیک برگشت‌پذیر (TC-MPCM[2]ها)، با عملکرد قابل قبول در ذخیره و آزادسازی گرمای نهان، با موفقیت طراحی و سنتز شده‌اند. تعیین مشخصات و

[1] Thermochromic
[2] Thermochromic microencapsulated phase change materials

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

تنظیم ریزساختار TC-MPCMها نیز به طور سیستماتیک انجام شده است. هسته‌ی TC-MPCMها از لاکتون کریستالی بنفش[3] به عنوان ماده‌ی رنگی ترموکرومیک، بیسفنول A به عنوان توسعه‌دهنده و 1-تترادکانول به عنوان حلال کمکی تشکیل شده است. تاثیر تغییرات عوامل مؤثر بر فرآیند کپسوله شدن مانند مقدار امولسیفایر، سرعت هم زدن، نسبت وزنی هسته به پوسته در خوراک، مقاومت اسیدی و دوام در مقابل چرخه‌های حرارتی، به منظور بررسی دقیق‌تر، مورد مطالعه قرار گرفته است. ریخت شناسی سطح، ضخامت پوسته و ساختار هسته-پوسته در نمونه‌های TC-MPCM سنتز شده به ترتیب از طریق میکروسکوپ نوری (OM[4])، میکروسکوپ الکترونیکی روبشی انتشار میدان حرارتی (TFE-SEM[5]) و میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM[6]) مشخص شدند. از طریق تجزیه و تحلیل گرماسنجی روبشی تفاضلی (DSC[7])، تغییرات دمای همجوشی، تبلور و آنتالپی TC-MPCMها تحت شرایط مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. از آنالیز وزن‌سنجی گرمایی (TG[8]) جهت مطالعه‌ی پایداری حرارتی TC-MPCMها استفاده شد. علاوه بر این، طیف رنگی فضای آزمایشگاه که توسط رنگ‌سنج به دست آمده، برای مشاهده ویژگی‌های رنگ‌سنجی TC-MPCMها مورد استفاده قرار گرفت. مهمتر از آن، خاصیت ترموکرومیک برگشت‌پذیر مرتبط با حالت فاز 1-تترادکانول نیز می‌تواند شواهد بصری مرتبط با ذخیره و یا آزادسازی انرژی توسط TC-MPCMها را ارائه دهد. نکته‌ی دیگر اینکه، TC-MPCMها حتی پس از صدمین آزمایش چرخه‌ی حرارتی، بدون هیچ گونه تخریب عملکرد آشکار، از جمله ریخت‌شناسی، خواص تغییر فاز و پایداری حرارتی، پایداری عالی را نشان دادند. در پایان، لباس حفاظتی آتش نشانی حاوی TC-MPCM طراحی و ساخته شد که می‌تواند حفاظت حرارتی مناسبی را در محیط‌های مختلف دچار آتش‌سوزی نشان دهد. می‌توان اینطور جمع‌بندی

[3] Crystal violet lactone
[4] Optical microscope
[5] Thermal field emission scanning electronic microscope
[6] Transmission electron microscope
[7] Differential scanning calorimetry
[8] Thermogravimetric

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

نمود که TC-MPCMهای توسعه یافته در این پژوهش، کاربردهای بالقوه زیادی در لباس‌های محافظ حرارتی و سایر زمینه‌های تنظیم حرارتی به نمایش خواهند گذاشت.

نتیجه گیری

در این مطالعه، یک سری از TC-MPCMها حاوی مخلوط ترموکرومیک سه‌جزئی با عملکرد عالی در ذخیره‌سازی انرژی حرارتی و خاصیت ترموکرومیک برگشت‌پذیر، با موفقیت از طریق پلیمریزاسیون همزمان سنتز شده‌اند. اندازه‌ی متوسط ذرات TC-MPCM را می‌توان از 720 تا 440 نانومتر با تغییر مقدار امولسیفایر SMA تنظیم نمود. با افزایش تدریجی نرخ امولسیونسازی، اندازه ذرات TC-MPCM از 3/11 میکرومتر به 0/42 میکرومتر کاهش یافت، توزیع اندازه ذرات باریک‌تر شد و آنتالپی به تدریج از 135/4 به 165/9 J/g افزایش یافت. نکته‌ای که نباید از آن غافل شد این است که، با کوچک شدن اندازه ذرات، TC-MPCMها مستعد هستند که تحت تاثیر محصور شدن تبلور و پدیده‌ی فوق‌سرد شدن قرار بگیرند، که بر خواص رنگی TC-MPCMها تاثیر خواهد گذاشت. نتایج اندازه‌گیری نشان داد که افزایش نسبت هسته به پوسته از 1/0 به 1/4 منجر به کاهش سختی TCMPCMها و ضخامت پوسته‌ی نازک‌تر از 67/30 تا 47/75 نانومتر شد. آنتالپی‌های ذوب از 99/8 تا 145/6 J/g و آنتالپی‌های تبلور از 95/8 تا 146/3 J/g با افزایش نسبت هسته به پوسته TC-MPCMها متغیر بود. علاوه بر این، مقدار b^*[9] آشکارا از 15- به 40- تغییر کرد و رنگ TC-MPCMها با افزایش نسبت هسته/پوسته بهبود یافت. دمای شروع تجزیه مربوط به تبخیر فاز روغن با افزایش ضخامت دیواره هیچ تغییر آشکاری نداشت. دمای پایان کاهش وزن هسته‌ی فاز روغنی، با افزایش ضخامت پوسته، از 260 به 280 درجه‌ی سانتیگراد افزایش اندکی را تجربه نمود که نشان می‌دهد تراکم پوسته‌ی MMF[10] مناسب بوده است. همچنین، مواد پوسته‌ی MMF در مقابل مقادیر

[9] کمیسیون بین‌المللی روشنایی (CIE) برای توصیف فضای رنگی، از سه پارامتر مستقل L^*، b^* و a^* استفاده می‌کند. مقدار مثبت b^* بیانگر رنگ زرد و مقدار منفی b^* نمایانگر رنگ آبی است.

[10] Methylated melamine-formaldehyde

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

پایین pH کمتر از 4، مقاومت اسیدی خوبی نشان می‌دهند. علاوه بر این، دوام چرخه‌ای TC-MPCM پس از صدمین آزمایش چرخه، همچنان عالی بود. در پایان، لباس محافظ آتش‌نشانی با استفاده از میکروکپسول‌های TC-MPCM برای ارائه‌ی حفاظت حرارتی کافی در محیط‌های مختلف آتش‌سوزی طراحی و ساخته شد که پتانسیل بالایی در بین لباس‌های محافظ حرارتی از خود نشان داد. با توجه به عملکرد عالی در ذخیره‌سازی گرمای نهان، خاصیت ترموکرومیک برگشت‌پذیر و پایداری، TC-MPCMهای توسعه یافته در این مطالعه، کاربردهای بالقوه فوق‌العاده‌ای در منسوجات و الیاف هوشمند، جوهرهای چاپ، مواد پوششی ترموکرومیک برگشت‌پذیر، بسته‌بندی مواد غذایی و دارویی، حسگرهای حرارتی و ذخیره‌ی انرژی خورشیدی و غیره ارائه می‌دهند.

کلمات کلیدی:

ترموکرومیک برگشت‌پذیر؛ ذخیره‌ی انرژی حرارتی؛ مواد تغییر فاز دنده؛ میکروکپسول؛ پلیمریزاسیون همزمان.

Ref: Gengg, X.; Li, W.; Wang, Y.; Lu, J; Wang, J.; Wang, N.; Li, J.; Zhang, X.; Reversible thermochromic microencapsulated phase change materials for thermal energy storage application in thermal protective clothing, Applied Energy, 2018, 217, 281 – 294.

DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.02.150