

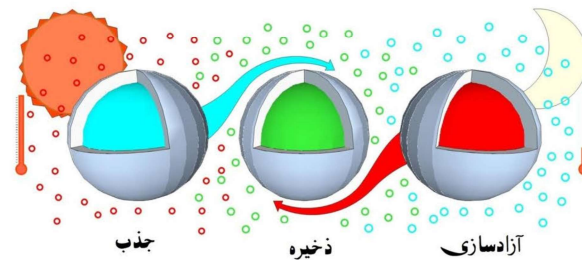
(بخش اول)



مواد تغییر فاز دهنده و کاربرد آن‌ها در ذخیره‌سازی انرژی
Phase-Change Material (PCM)

محمد فوشچیان

- ☐ روش‌های ذخیره انرژی گرمایی
- ☐ طراحی با مواد تغییر فاز دهنده
- ☐ ویژگی‌های مواد تغییر فاز دهنده
- ☐ دسته‌بندی مواد تغییر فاز دهنده
- ☐ کاربرد مواد تغییر فاز دهنده

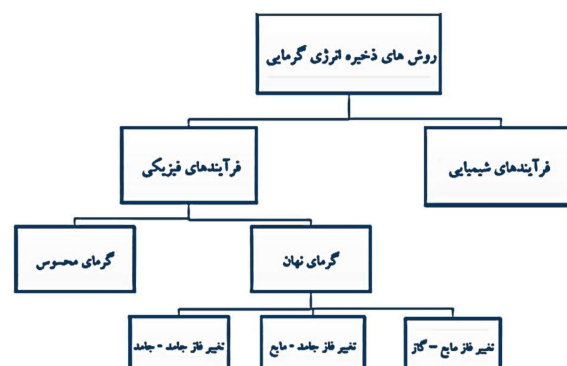


با توجه به افزایش روزافزون تقاضا برای مصرف انرژی و محدودیت سوخت‌های فسیلی به‌عنوان منابع رو به اتمام و افزایش آلاینده‌های زیست‌محیطی، موضوع ذخیره‌سازی انرژی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است.

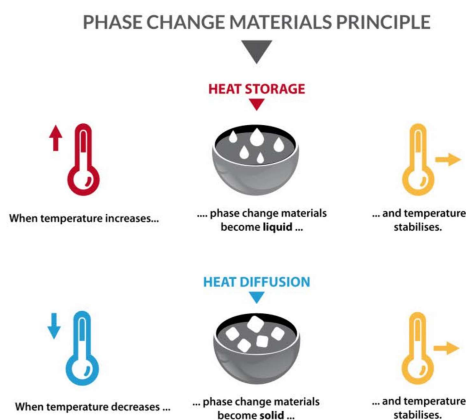
یکی از روش‌های ذخیره انرژی حرارتی، استفاده از مواد تغییر فاز دهنده است که در اثر تغییر فاز، انرژی را جذب نموده و در سیکل بعدی با تغییر فاز معکوس انرژی را آزاد می‌کنند. فرآیند تغییر فاز در این گونه مواد معمولاً همراه با تبادل حجم بالایی از انرژی است که بدان گرمای نهان تغییر فاز اطلاق می‌شود. تبادل این حجم بالای گرما به‌صورت همساز با طبیعت و به‌طور خودکار و هوشمندانه، مطابق با تغییرات دمای محیط صورت می‌پذیرد. با توجه به ویژگی‌های عنوان‌شده، این مواد به یکی از ظرفیت‌های خاص ذخیره انرژی در مصارف گوناگون تبدیل شده‌اند. این در حالی است که کمبود پژوهش پیرامون این مواد و نحوه کاربرد آن‌ها به‌صورت ترکیبی با مصالح دیگر و متناسب با شرایط اقلیمی منطقه ایران بسیار محسوس است.

استفاده از سامانه‌های ذخیره گرمای نهان با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده، راه مؤثری برای ذخیره انرژی است که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه بوده است. لذا در این مطلب به معرفی مواد تغییر فاز دهنده و کاربرد آن‌ها در ذخیره‌سازی انرژی پرداخته شده است. اهمیت کاربرد این مواد علاوه بر مسائل زیست‌محیطی و فنی، در توجیه اقتصادی آن است. این مواد در حین تغییر فاز، انرژی حرارتی را ذخیره نموده و در موارد لزوم آزاد می‌کنند که بهره‌گیری مناسب از آن‌ها کاهش قابل توجه مصرف انرژی را به دنبال خواهد داشت.

روش‌های ذخیره انرژی گرمایی



انرژی حرارتی را به دو صورت انرژی گرمایی محسوس و نهان می‌توان در مواد ذخیره نمود. در ذخیره انرژی محسوس، انرژی حرارتی با افزایش دمای جسم جامد یا مایع در آن ذخیره می‌شود. میزان انرژی محسوس ذخیره‌شده در جسم تابعی از دما، ظرفیت گرمایی ویژه و مقدار جسم است. ذخیره انرژی گرمایی توسط جسم به‌صورت نهان به هنگام تغییر فاز جسم از حالت جامد به مایع یا مایع به گاز و یا جامد به جامد صورت می‌گیرد. مواد تغییر فاز دهنده، انرژی را به‌صورت گرمای نهان ذوب ذخیره می‌کنند. همان‌طور که گفته شد ذخیره‌سازی گرما از سه طریق تغییر فاز صورت می‌گیرد، در حالت اول که تغییر فاز از جامد به جامد است به دلیل اینکه انتقال گرما بسیار آهسته و اندک است مناسب نیست. در حالت دوم یعنی تغییر فاز از مایع به گاز هم به دلیل نیاز به گرما و حرارت بالا و همچنین ایجاد حجم فشار بالای گاز عملی نیست؛ اما تغییر فاز از جامد به مایع مناسب‌تر است که این ویژگی در مواد تغییر فاز دهنده وجود دارد که در دمای ثابت با جذب گرما از فاز جامد به مایع تبدیل می‌شوند. این مواد انرژی را تقریباً در همان دمایی که جذب می‌کنند، آزاد نیز می‌کنند. مواد تغییر فاز دهنده در دمای اتاق جامد هستند؛ بنابراین بیشتر مواد تغییر فاز دهنده، موادی هستند که طی فرایند تغییر حالت از جامد به مایع، انرژی را ذخیره می‌کنند. این مواد در واقع گرمای نهان را ذخیره می‌کنند و از پیوندهای شیمیایی برای ذخیره و آزادسازی انرژی حرارتی استفاده می‌کنند.



طراحی با مواد تغییر فاز دهنده

در طراحی هر سیستم ذخیره انرژی که بر مبنای مواد تغییر فاز دهنده عمل می‌کند، بایستی حداقل سه مورد زیر در نظر گرفته شود:

- (۱) ماده تغییر فاز دهنده مناسب با دمای ذوب مورد نظر
- (۲) مبدل حرارتی با سطح تبادل حرارتی مناسب
- (۳) محفظه نگهدارنده ماده تغییر فاز دهنده که قابلیت جذب تغییرات حجم آن به هنگام تغییر فاز را داشته باشد و سازگار با آن نیز باشد.

ویژگی‌های مواد تغییر فاز دهنده

۱. در شاخه مهندسی از مواد تغییر فاز دهنده برای به‌کارگیری و ذخیره انرژی استفاده می‌شود
۲. مناسب برای حفظ دمای آسایش هستند
۳. این مواد تمایل به افزایش ذخیره‌سازی حرارت ده برابر بیشتر از آب و سنگ و زمین دارند
۴. از نظر شیمیایی پایدارند
۵. قابل بازیافت هستند
۶. غیر واکنش‌پذیرند
۷. دارای طول عمر زیاد هستند

دسته‌بندی مواد تغییر فاز دهنده

۱. پارافین و اسیدهای چرب
۲. مواد معدنی، هیدرات‌های نمک
۳. مواد ترکیبی
۴. مواد جاذب رطوبت

پارافین و اسیدهای چرب

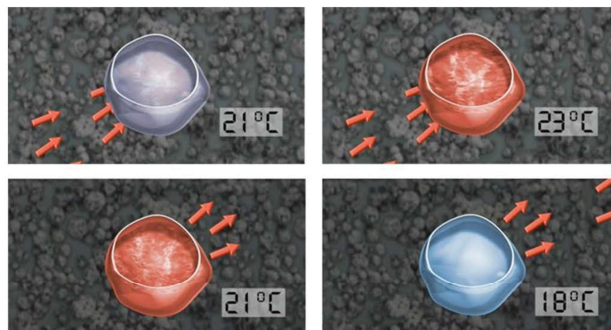
• **مزایای استفاده:** منجمد شدن بدون سرد کردن بسیار، قابلیت ذوب یکنواخت، سازگاری با مواد ساخت‌وساز، تفکیک‌ناپذیر، دارای خواص شیمیایی ثابت، داشتن دمای همجوشی بالا، امن، قابل بازیافت، ماده اولیه برای مواد تغییر فاز دهنده شامل کربوهیدرات و چربی‌ها را می‌توان از منابع تجدیدپذیر تولید کرد

• **معایب:** هدایت حرارتی کم در حالت جامد و نرخ انتقال حرارت بالا در طول چرخه انجماد، ظرفیت ذخیره‌سازی گرمایی نهان حجمی پایین، قابل اشتعال، هزینه‌بر به دلیل نیاز به تصفیه کامل نفت

مواد ترکیبی

- **مزایای استفاده:** دارای نقطه ذوب بالا، چگالی ذخیره‌سازی حجمی بالاتر از ترکیبات آلی
- **معایب:** آمار و اطلاعات کمی در مورد خواص ترموفیزیکی آن موجود است و استفاده از این مواد بسیار جدید، نیازمند ابزار ذخیره‌سازی حرارتی است.

کاربرد مواد تغییر فاز دهنده



مواد تغییر فاز دهنده با توجه به دمای تغییر حالتشان کاربردهای متنوعی پیدا کرده‌اند.

- ۱) موادی که زیر ۱۵ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شوند
 - ۲) موادی که بالای ۹۰ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شوند
 - ۳) سایر مواد تغییر فاز دهنده که دمای ذوبشان بین این دو مقدار است
- موادی که زیر ۱۵ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شوند، برای خنک

کردن و تهویه هوای اتاق قابلیت استفاده دارند. موادی که بالای ۹۰ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شوند، برای کاهش دما در جاهایی که دما ممکن است به‌طور ناگهانی بالا رود کاربرد دارند و مانع آتش‌سوزی می‌شوند. سایر مواد تغییر فاز دهنده که دمای ذوبشان بین این دو مقدار است برای ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی کاربرد دارند.

مواد تغییر فاز دهنده برای سرد و گرم کردن در مقیاس کوچک نیز کاربردهای ویژه‌ای دارند؛ به‌عنوان مثال می‌توان تری هیدرات استات سدیم برای گرم‌کننده‌های دست در زمستان، یا اجاق‌های گرم‌کننده غذا که در آن یک‌لایه ماده تغییر فاز دهنده به کار رفته است را نام برد.



تحقیقات کلی نشان داده است که استفاده از نانومواد که خواص حرارتی شامل ظرفیت حرارتی، رسانایی و پایداری حرارتی را افزایش می‌دهد، می‌تواند ظرفیت ذخیره‌سازی و بازده آزادسازی انرژی را افزایش دهد.

در پژوهش برخی از انواع مواد تغییر فاز دهنده و خواص آن‌ها بررسی شده و این نتیجه به دست آمده است که با توجه به انتخاب صحیح ماده تغییر فاز دهنده و ترکیب و اختلاط مناسب مواد با توجه به هدایت حرارتی آن‌ها، دمای تغییر فاز آن‌ها و سایر ویژگی‌های شیمیایی، سینتیکی، ترمودینامیکی و اقتصادی آن‌ها، می‌توان خواص حرارتی مواد تغییر فاز دهنده را بهبود بخشید و از آن‌ها در تولید نانوالیافها استفاده نمود.

در پژوهشی، به‌منظور تسریع فرآیند ذوب یک ماده تغییر فاز دهنده درون یک کپسول، اثر استفاده از فین با طولهای متفاوت بر مدت‌زمان فرآیند ذوب، موردبررسی قرار گرفته است. تعداد فین‌ها و ضخامت آن‌ها در شرایط مختلف، ثابت در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که وجود فین در ساختار محفظه دربرگیرنده این مواد باعث می‌شود ذخیره‌سازی انرژی در زمان کمتری نسبت به حالتی که فین وجود ندارد انجام شود.

مواد تغییر فاز دهنده طی فرآیند ذوب، انرژی گرمایی را به‌صورت گرمای نهان ذخیره کرده و طی فرایند انجماد این انرژی را آزاد می‌کنند. استفاده از این مواد در منسوجات خواص گرمایی و سرمایی آن‌ها را بهبود می‌بخشد. روش‌های مختلفی نظیر تورق، روکش دادن و حبس داخل کپسولی برای این منظور وجود دارد.

