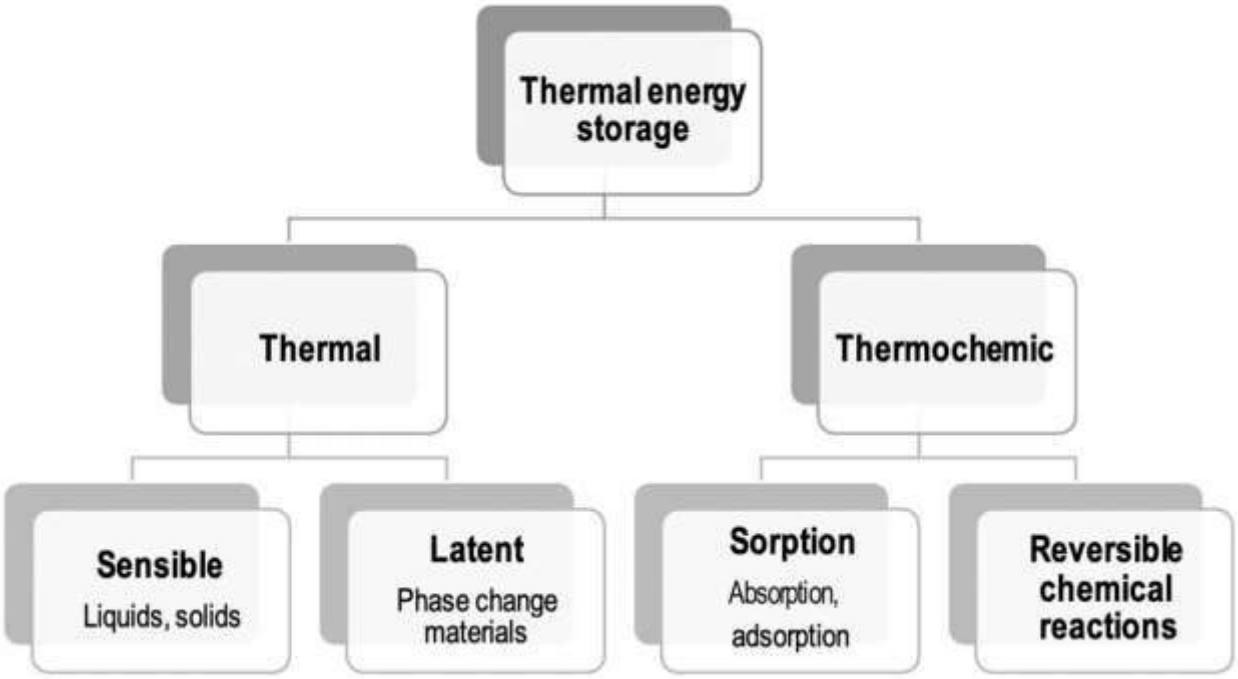
POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران



راهکارهای ذخیره‌سازی انرژی گرمایی

تکنولوژی‌های مختلفی در ذخیره‌سازی انرژی گرمایی[1] بکار گرفته می‌شوند. بسته به نوع تکنولوژی مورد استفاده برای ذخیره‌سازی و میزان انرژی گرمایی، امکان ذخیره و استفاده برای دوره‌های زمانی معین، در حجم‌های متفاوت شامل فرآیندی منفرد، ساختمان‌های مسکونی، عمومی و صنعتی، مناطق شهری، شهر یا استان، فراهم خواهد بود. برخی از کاربردهای متداول، متعادل کردن تقاضای انرژی بین روز و شب، ذخیره گرمای تابستان برای گرم کردن در زمستان یا سرمای زمستان برای تهویه مطبوع در تابستان (ذخیره انرژی حرارتی فصلی) و ایجاد محافظت در برابر سرما در مناطق کشاورزی است. محیط‌های ذخیره‌سازی متداول می‌توانند آب یا مخازن گل و لای یخی، خاک طبیعی یا توده‌های سنگ بستر که توسط مبدل‌های حرارتی از طریق چاه‌های آزمایشی قابل دسترس هستند، سفره‌های زیرزمینی عمیق بین لایه‌های نفوذ ناپذیر، گودال‌های مهر و موم شده‌ی کم عمق و پر شده از شن و آب و یا مواد تغییر فاز دهنده باشند.

[1] thermal energy storage (TES)

روش دیگر ذخیره‌ی انرژی گرمایی، ذخیره‌ی گرما یا سرمای تولید شده توسط پمپ‌های حرارتی از الکتریسیته‌ی ارزان قیمت (الکتریسیته‌ی مازاد تولیدی در ساعات خارج از پیک مصرف) است. این روش، به عنوان اصلاح ساعت اوج مصرف شناخته می‌شود که در آن گرما از نیروگاه‌های تولید همزمان برق و حرارت، تلفات حرارتی بازیابی‌شده در فرآیندهای صنعتی و یا انرژی الکتریکی تجدید پذیر مازاد تامین می‌شود. هر دو نوع ذخیره‌سازی گرمای فصلی و کوتاه‌مدت، به عنوان ابزارهایی مهم و ارزان‌قیمت برای جبران ناترازی و نوسانات بالای موجود در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر شناخته می‌شوند.

تکنولوژی‌های مورد استفاده در ذخیره‌سازی انرژی گرمایی را می‌توان در سه دسته‌ی مختلف طبقه‌بندی نمود: گرمای محسوس[۲]، گرمای نهان[۳] و ذخیره‌سازی ترموشیمیایی[۴] هر یک از این دسته‌ها و تکنولوژی‌ها، مزایا و معایب خاص متفاوتی دارند که در نهایت کاربرد آن‌ها را تعیین می‌کند. ذخیره‌سازی حرارت فصلی و فناوری نانو، از نقطه‌نظر مواد مورد استفاده، به نوعی متفاوت هستند.

ذخیره سازی گرمای محسوس

در طبقه‌بندی تکنولوژی‌های ذخیره‌سازی انرژی گرمایی، ذخیره‌سازی گرمای محسوس[۵] به همان اندازه که در حیطه‌ی مسائل مدیریت مصرف انرژی در سمت تقاضا اهمیت دارد، در صرفه‌جویی مصرف انرژی در فاز تولید نیز مهم جلوه می‌کند. فناوری STES در گذشته توسعه داده شده و مورد استفاده قرار گرفته و در سال‌های اخیر مجددا مورد توجه قرار گرفته است. شگفتی‌ها و سازه‌های باستان‌شناسی موجود در سراسر جهان، نمونه‌های واقعی STES هستند که علاوه بر اهمیت تاریخی، حضورشان دلیلی بر پیشینه‌ی علمی این تکنولوژی‌ها در طول سالیان است. اغلب این سازه‌ها از سنگ یا صخره تشکیل شده‌اند که به عنوان منبع اصلی TES عمل می‌کند.

هدف اصلی ایجاد ساختارهای عظیم، ذخیره‌ی گرمای محسوس با استفاده از سنگ/صخره به عنوان مصالح ساختمانی است که فضای داخلی را در یک پنجره‌ی دمایی تنظیم‌شده نگه می‌دارد. نکته‌ی کلیدی در استفاده از گرمای محسوس موجود، برای ذخیره‌سازی در سنگ‌ها/صخره‌ها و یا رهاسازی از آن‌ها است.

---

[2] sensible heat
[3] latent heat
[4] thermochemical heat storage
[5] sensible thermal energy storage (STES)

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

مواد مورد استفاده در ذخیره‌سازی گرمای محسوس

تکنولوژی STES تنها به انتخاب مواد مناسب و ویژگی‌های عملکردی آن‌ها وابسته است. مواد مورد استفاده جهت ذخیره‌سازی گرمای محسوس، موادی هستند که می‌توانند انرژی گرمایی را بر اساس میزان عرضه و تقاضا (ذخیره‌سازی بلندمدت یا کوتاه‌مدت)، ذخیره یا آزاد کنند. جریان انرژی گرمایی، در طول ذخیره‌سازی، دمای مواد را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد و در هنگام تخلیه، دمای مواد، مجددا به حالت پایه باز می‌گردد. مواد STES را می‌توان در دو دسته‌ی اصلی طبقه بندی نمود: (1) مواد ذخیره‌سازی جامد و (2) مواد ذخیره‌سازی مایع. مواد ذخیره‌سازی جامد شامل صخره، سنگ، آجر، بتن، زمین/خاک خشک و مرطوب، آهن، چوب، بردهای گچی، بردهای چوبی و ... خواهد بود. به همین ترتیب، آب، روغن‌های خالص و همچنین مشتقات الکل‌ها را می‌توان به عنوان مواد ذخیره‌سازی مایع دسته‌بندی نمود.

مواد ذخیره‌سازی جامد

مواد ذخیره‌سازی جامد، عموما برای تامین نیازهای ذخیره‌سازی گرمایی در گرمایش (و به صورت بسیار محدود برای سرمایش) فضای ساختمان و کاربردهای گرمایش با دمای بالا (خورشیدی) ترجیح داده می‌شوند. معمولا مواد ذخیره‌سازی جامد مورد استفاده برای این کاربردها را می‌توان در دماهای بین 40 درجه‌ی سانتی‌گراد تا 75 درجه‌ی سانتی‌گراد برای بستر سنگ/بتن و بیش از 150 درجه‌ی سانتی‌گراد برای فلزات به کار برد. مواد ذخیره‌سازی جامد، ریسک نشتی و آسیب‌های زیست‌محیطی در دماهای کاری بالا (مانند نیروگاه‌های خورشیدی) را کاهش می‌دهند. با این حال، این مواد محدودیت‌های خاصی را از نقطه‌نظر مسائل کاربردی از خود نشان می‌دهند. مواد ذخیره‌سازی جامد، در فاز ذخیره‌سازی گرما، ظرفیت گرمایی ویژه‌ی نسبتا پایینی به نمایش می‌گذارند (به طور متوسط در حدود $1200\ kJ/m^3/K$). علاوه بر این، چگالی ذخیره‌ی انرژی کمتر در مقایسه با مواد ذخیره‌سازی مایع، افزایش ریسک تخلیه‌ی خود به خودی انرژی گرمایی (تلفات حرارتی) در کارکردهای ذخیره‌سازی طولانی مدت، خواص ترموفیزیکی محیط انتقال گرما و انرژی، طبقه‌بندی واحد ذخیره‌سازی و هزینه‌های مربوط به بهره‌برداری و نگهداری واحد ذخیره‌سازی، از جمله این محدودیت‌ها است.

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

مواد ذخیره‌سازی مایع

مواد ذخیره‌سازی مایع در طیف وسیعی از کاربردهای ذخیره‌سازی حرارتی در دمای پایین و دمای متوسط مورد توجه قرار می‌گیرند. آب به صورت طبیعی در دسترس است، بنابراین این مایع معروف علاوه بر ظرفیت گرمایی ویژه‌ی بالا، در دسترس بوده و هزینه‌ی تامین اندکی دارد. به عنوان نمونه، با توجه به چگالی ذخیره‌ی انرژی آب، هنگامی که تحت گرادیان دمایی 70 درجه‌ی سانتیگراد قرار می‌گیرد، می‌تواند مقدار قابل توجهی انرژی در حدود 290 MJ/m^3 را ذخیره یا آزاد کند.

Ref: Alkan, C.; Multifunctional Phase Change Materials, Chapter 1, Thermal energy storage methods, Elsevier, 2023

DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85719-2.00010-9