POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

بهینه‌سازی ذخیره‌سازی انرژی حرارتی با استفاده از مواد کامپوزیت فوم-تغییر فاز دهنده نانو تقویت شده

چکیده

طراحی واحد ذخیره‌سازی انرژی حرارتی گرمای نهان (LHTES[1]) برای فرآیند شارژ سریع روغن نارگیل نانو تقویت شده در درون فوم مس سلول باز پیشنهاد شد. جریانی از روغن نارگیل مایع داغ اجازه داده شد تا از بخش پایین وارد واحد ذخیره انرژی حرارتی شود و واحد را از بالا خارج نماید تا فرآیند ذوب تسریع شود. لوله انتقال حرارت در داخل واحد قرار داده شد تا لایه PCM ذوب شود و گذرگاه فیلم مایع بین ورودی و خروجی باز شود. تاثیر پارامترهای طراحی مانند تخلخل فوم مس، فشار ورودی PCM مایع، مایع ورودی داغ درون لوله انتقال حرارت و کسر حجمی نانوذرات بر زمان شارژ واحد و رفتار حرارتی آن بررسی شد. تشکیل فیلم PCM مایع روی لوله گرم شده، کلید شارژ سریع است. پارامتر کلیدی در تشکیل فیلم مایع، سرعت ورودی مایع داغ به داخل لوله بود. افزایش 2.5 برابری سرعت ورودی می‌تواند زمان شارژ حرارتی را 2.5 برابر کاهش دهد. علاوه بر این، استفاده از نانو افزودنی‌ها در این طراحی مفید نبود زیرا می‌توانند تشکیل فیلم PCM مایع و زمان شارژ را به تاخیر بیندازند.

کلمات کلیدی: واحد ذخیره‌سازی انرژی حرارتی باز، فوم فلزی، مواد تغییر فاز دهنده نانو تقویت شده، ذخیره‌سازی انرژی حرارتی گرمای نهان.

Keywords: Open thermal energy storage unit, Metal foam, Nano-enhanced phase change materials, Latent heat thermal energy storage.

[1] latent heat thermal energy storage

نتیجه‌گیری

عملکرد ذخیره‌سازی انرژی حرارتی با جریان PCM مایع داغ در داخل واحد LHTES از نظر تئوری با استفاده از FEM مورد بررسی قرار گرفت. PCM مایع با فشار داغ از پایین وارد واحد ذخیره‌سازی شده و از قسمت بالا از محفظه خارج شد. رفتار شارژ واحد به شدت وابسته به تشکیل فیلم PCM مایع بود که به جریان PCM مایع از ورودی محفظه به خروجی آن اجازه می‌دهد. مهم‌ترین نتایج به شرح زیر است:

۱. فرآیند شارژ سریع عمدتاً توسط تشکیل اولیه فیلم مایع روی لوله سیال انتقال حرارت (HTF[2]) غالب است. به طور کلی، افزایش تخلخل فوم فلزی می‌تواند با تسریع تشکیل فیلم مایع روی لوله HTF به شارژ حرارتی محفظه کمک نماید. این نتیجه‌ای غیرمنتظره بود زیرا فوم با تخلخل بالا باعث ایجاد فضاهای خالی بیشتر و بهبود هدایت حرارتی کامپوزیت کوچک می‌شود. این هدایت حرارتی موثر کوچک در تشکیل مایع اولیه مفید بود. با این حال، برای تخلخل کم 0.85 و 0.9، نفوذپذیری فوم نیز مهم است و می‌تواند زمان ذوب کامل LHTES را با محدود نمودن سرعت جریان PCM مایع در محفظه تغییر دهد. علاوه بر این، افزایش تخلخل همیشه کل انرژی ذخیره شده و نرخ PCM مایع خروجی را بهبود می‌بخشد زیرا هر چه تخلخل بیشتر باشد، فضای خالی بیشتر، ظرفیت گرمای نهان بهتر و نفوذپذیری بالاتر است.

۲. افزایش فشار ورودی در ورودی محفظه باعث کاهش زمان شارژ و افزایش دبی خروجی و دمای متوسط می‌شود. با این حال، افزایش فشار ورودی تنها زمانی مفید است که بین ورودی و خروجی محفظه عبوری وجود داشته باشد.

۳. افزایش سرعت ورودی HTF می‌تواند زمان شارژ LHTES را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. همچنین زمان مورد نیاز برای رسیدن به حداکثر دبی و دمای متوسط خروجی را کاهش می‌دهد. در واقع، سرعت ورودی HTF می‌تواند تشکیل فیلم PCM مایع را روی لوله HTF در محفظه PCM تسریع نماید. در نتیجه، انتقال حرارت جابجایی اجباری ناشی از جریان PCM مایع داغ زودتر اتفاق می‌افتد و زمان شارژ دستگاه به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. با افزایش 2.5 برابری سرعت ورودی HTF از 0.05 متر بر ثانیه به 0.125 متر بر ثانیه، زمان لازم برای شارژ کامل دستگاه با همان سرعت کاهش می‌یابد.

[2] heat transfer fluid

۴. استفاده از مواد افزودنی نانو باعث افزایش هدایت حرارتی می‌شود. با این حال، حضور نانوذرات تشکیل فیلم مایع روی لوله HTF را به تاخیر می‌اندازد و زمان شارژ کلی دستگاه را کند می‌نماید. علاوه بر این، نانو افزودنی‌ها به ذخیره انرژی گرمای نهان کمک نمی‌نمایند و ظرفیت کلی ذخیره انرژی حرارتی واحد را کاهش می‌دهند. بنابراین، در این طراحی خاص از واحد LHTES شارژ حرارتی سریع، استفاده از نانو افزودنی‌ها سودمند نیست و می‌تواند فرآیند ذوب را بدتر نماید.

Reference

Ghalambaz, Mehdi, et al. "Thermal energy storage optimization using composite foam-nano enhanced phase change materials." *Journal of Energy Storage* 63 (2023): 107001.

DOI: https://doi.org/10.1016/j.est.2023.107001

ترجمه و ویرایش: دانیال ابراهیم‌زاده