بررسی تجربی تاثیر استفاده از مواد تغییر فاز دهنده در عملکرد دمایی آبگرمکن

محمدرضا عصاری، علی عزیزی، علی کاوسی نژاد، محسن پرور

استادیار، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، mr_assari@yahoo.com

کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، azizi_1874@yahoo.com

مربی، دانشگاه جامع علمی کاربردی، همکار دانشگاه صنعتی جندی شاپور، alibox2006@yahoo.com

مربی، دانشگاه جامع علمی کاربردی، همکار دانشگاه صنعتی جندی شاپور،mohsenaria2007@yahoo.com

Archive of SID

چکیده

یکی از مهمترین چالش های پیشرو در سیستم آبگرمکن، ذخیره سازی و نگهداشت انرژی گرمایی برای زمان طولانی تر و جمع آوری گرمای اتلافی در آن می باشد. یکی از راههای ذخیره سازی انرژی گرمایی در آبگرمکن ها استفاده از گرمای نهان بالای مواد تغییر فاز دهنده است. در این مقاله به بررسی تجربی اثر استفاده از مواد تغییر فاز دهنده در کارایی یک آبگرمکن پرداخته می شود. بدین صورت که با جاسازی ماده تغییر فاز دهنده پارافین واکس در یک آبگرمکن، عملکرد دمایی آن با حالتی که آبگرمکن بدون ماده تغییر فاز دهنده است مقایسه شده و در پایان نتیجه گیری می شود. نتایج نشان می دهد استفاده از مواد تغییر فاز دهنده سبب نگهداشت بیشتر انرژی شده که این بدلیل آزاد سازی گرمای ذخیره شده در ماده تغییر فاز دهنده ی پارافین واکس می باشد.

واژگان کلیدی: ذخیره سازی، آبگرمکن، مواد تغییر فاز دهنده، پارافین واکس، نگهداشت انرژی.

www.SID.ir

مقدمه

مساله گرمایش زمین و آسیب‌هایی که در پی آن بر محیط زیست و حیات بر آن تاثیر گذار است از جمله چالش‌هایی است که ذهن بشر را به خود معطوف نموده است. بنابراین بحث ذخیره سازی انرژی گرمایی و جلوگیری از اتلاف آن می‌تواند عاملی برای بهبود شرایط کنونی و جلوگیری از آلایندگی بیشتر هوا گردد. در این میان مواد تغییر فاز دهنده یکی از ابزارهای کارآمد برای ذخیره‌سازی انرژی حرارتی هستند. عملکرد آنها به این صورت است که با افزایش دما، تغییر فاز داده و انرژی حرارتی را در خود ذخیره می‌کنند و با کاهش دما این انرژی را آزاد می‌سازند انرژی ذخیره شده از طریق گرمای نهان که با تغییر فاز ماده همراه است، به دلیل چگالی بالای ذخیره انرژی گرمایی از اهمیت زیادی برخوردار است. از مواد تغییر فاز دهنده در موارد بسیاری از جمله کاربردهای پزشکی، گرمایش و سرمایش، حفاظت گرمایی موادغذایی، منسوجات، ساختمان و ... استفاده می‌شود. شایان ذکر است که در سالهای اخیر، استفاده از مواد تغییر فازدهنده در کاربردهای ساختمانی به منظور کاهش مصرف انرژی بسیار مورد توجه بوده است. عملکرد مواد تغییر فاز دهنده در ساختمان به این صورت است که در روز با جذب گرمای نفوذی به داخل ساختمان ذوب می‌شوند و در نتیجه مقداری از انرژی حرارتی نفوذی به جدار ساختمان را در خود ذخیره می‌کنند و از این طریق مانع از گرم شدن فضای داخل می‌گردند و در شب که هوا رو به سردی می‌رود شروع به انجماد کرده و گرمای ذخیره شده را به محیط داخل یا بیرون پس می‌دهند.

مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه PCM

در چند سال اخیر مطالعات فراوانی بر تأثیر مواد تغییر فاز دهنده بر آبگرمکن‌ها صورت گرفته است. فرید و همکاران [۱] و زالبا و همکاران [۲] بررسی‌های تئوری و تجربی زیادی بر روی مواد تغییر فاز دهنده انجام دادند. تای و همکاران [۳] با بررسی و توسعه خصوصیات NTU[1] در مخزن شامل مواد تغییر فاز دهنده و سیستم ذخیره انرژی، توانستند مدل خود را ساخته و آنرا با تست تجربی تأیید کنند. مهلینگ و همکاران [۴] با بکار بردن مواد تغییر فاز دهنده در چشمه استوانه‌ای شکل توانستند زمان گرم نگهداشتن آب را افزایش دهند.. سایتو و هیروس [۵] مطالعات تجربی و عددی خود را برروی عملکرد گذرای ماده تغییر فاز دهنده کروی انجام دادند. آنها دریافتند که تغییرات قطر کپسول و ماده بر نرخ انتقال حرارت سیال تأثیرگذار است.

مراحل ساخت آبگرمکن

روش طراحی مخزن بدین گونه بود که برای بدست آوردن ابعاد مخزن ابتدا بطری‌های آلومینیومی که PCM درون آنها قرار می‌گرفتند تهیه شدند. با توجه به ابعاد این بطری‌ها و با در نظر گرفتن اینکه حدود نیمی از مخزن PCM و با قیمانده آن آب باشد ابعاد مخزن بدست آورده شد در این محاسبه هزینه آن نیز در نظر گرفته شد. ابتدا یک مخزن استوانه‌ای (شکل ۱) از جنس فولاد گالوانیزه با قطر ۳۲ سانتی متر، ارتفاع ۶۳ سانتی متر و

[7] -Number of transfer units

Archive of SID

www.SID.ir

ضخامت ۱ میلی متر ساخته شد و برای آن درپوشی از فولاد گالوانیزه و به قطر ۳۲ سانتی متر ساخته شد که برای پر و خالی کردن آب مخزن از آن استفاده شد. دو سوراخ در مخزن برای ورود و خروج آب که قطر سوراخ-ها ۲ سانتی متر و سوراخ اول به فاصله ۵ سانتی متر از بالای مخزن و سوراخ دوم به فاصله ۳ سانتی متر از پایین مخزن ایجاد شد. حجم کل مخزن ۵۰ لیتر بود.

شکل ۱- مخزن آبگرمکن

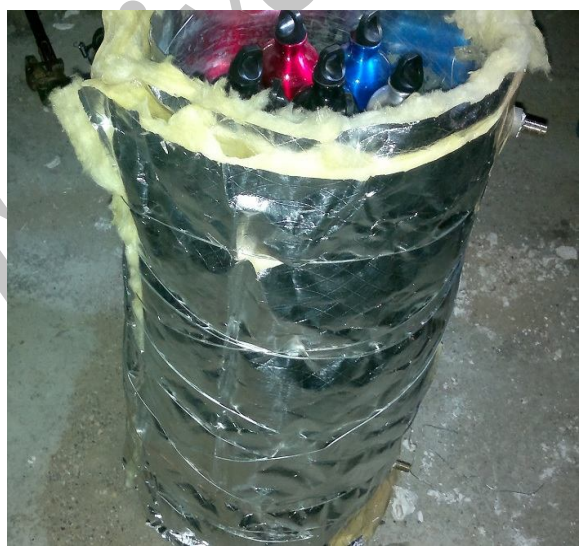
گرمکن الکتریکی با توان ۲ کیلو وات مجهز به ترموستات تهیه شد و همانگونه که در شکل ۲ نشان داده شده است، در جداره و پایین مخزن آبگرمکن نصب شد.

مخزن با پشم شیشه به ضخامت حدود ۵ سانتی متر عایق بندی شد به طوری که بالا و پایین و جداره مخزن به طور کامل عایق شدند. (شکل ۳)

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۲- نحوه قرارگیری گرمکن الکتریکی



شکل ۳- عایق کردن مخزن با پشم شیشه

پارافین واکس با دمای ذوب ۶۵ درجه به عنوان ماده تغییر فاز دهنده تهیه شد. به دلـیل خـواص ویژه‌ای که این ماده دارد آن را برای استفاده در سیستم های ذخیره انرژی مناسب می‌سازد. قابلیت ذوب همگون، تشکیل

Archive of SID

www.SID.ir

بلورهای جامد اولیه و سازگاری با موادی که با آنها در تماس است، پایداری حالت فیزیکی و شیمیایی در تغییر فازهای مکرر، سمی نبودن و در دسترس و ارزان بودن همچنین موجود بودن این ماده با دمای ذوب ۶۵ درجه که مورد نیاز این پروژه بود و دمای مورد نیاز در آبگرمکن‌ها می باشد باعث شد از پارافین واکس (شکل ۴) استفاده شود.

شکل ۴- پارافین واکس

برای قرار دادن پارافین واکس درون مخزن از بطری های آلومینیومی استوانه ای شکل استفاده شد. به دلیل رسانایی گرمایی بالای آلومینیوم و همچنین به خاطر شکل استوانه‌ای آنها که سطح تماس بیشتری با آب درون مخزن داشتند.

دیتالاگر مجهز به سنسور SMT برای اندازه گیری دمای مخزن و محیط ساخته شد سنسور SMT یک سنسور دمایی با محدوده دمایی ۴۵- تا ۱۵۰ درجه سانتی گراد است که دارای دقت مثبت منفی ۱ درجه می باشد به طوری که دیتالاگر هر ۵ دقیقه دما را ثبت می کرد و در حافظه خود نگهداری می‌کرد.

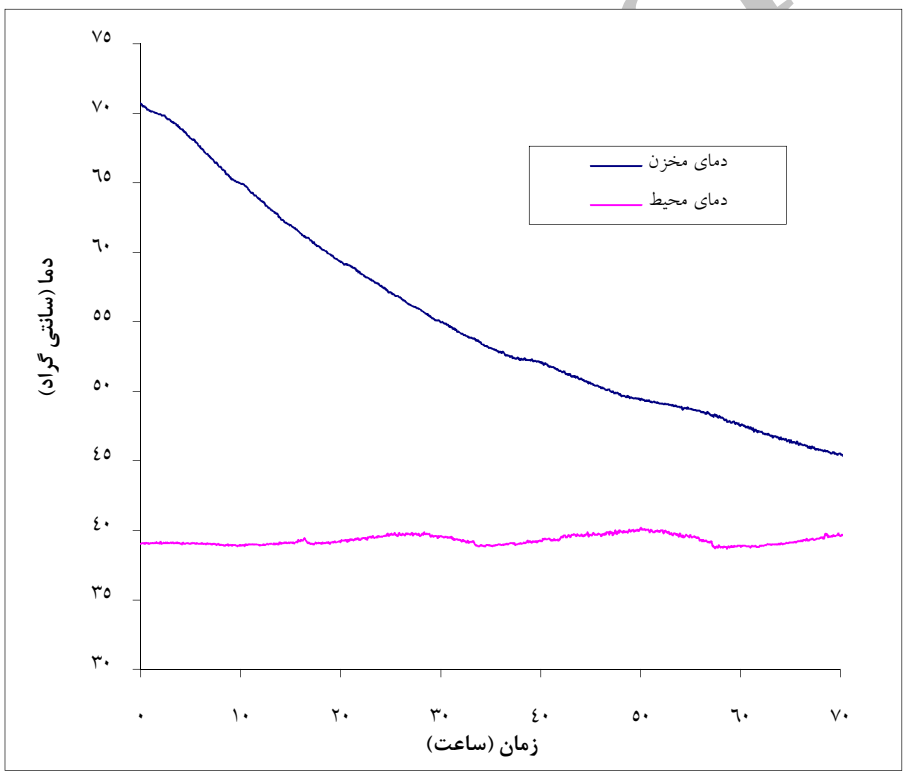
نتایج بدست آمده

استفاده از گرمکن الکتریکی و مخزن بدون PCM

Archive of SID

www.SID.ir

برای مقایسه تغییرات دمایی مخزن در دو حالت با PCM و بدون آن، مخزن در یک اتاق بسته که تهویه هوا نبود قرار داده شد. در این حالت مخزن بدون PCM بود. سپس مخزن با آب پر شده و درب مخزن پس از آن بسته شد. گرمکن الکتریکی روشن شد و اجازه داده شد تا دمای مخزن به دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد برسد. پس از رسیدن به این دما گرمکن الکتریکی خاموش شد با توجه به عایق بودن مخزن فرآیند خنک شدن آن به آرامی صورت گرفت. همچنین با در نظر گرفتن اینکه مخزن در فضای بسته قرار داده شده بود انتقال حرارت جابجایی نداشتیم. تغییرات دمایی پس از ۷۰ ساعت در شکل ۵ نشان داده شده است.



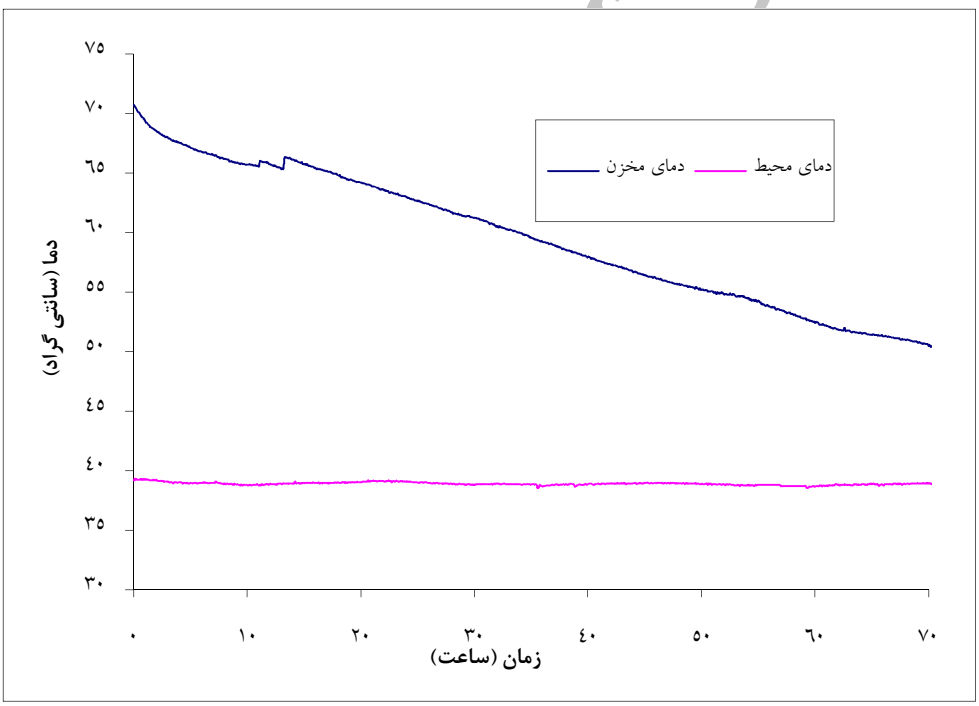
شکل ۵- تغییرات دمایی مخزن بدون PCM

مشاهده شد که دمای مخزن به آرامی پس از ۷۰ ساعت به ۴۵ درجه سانتی‌گراد رسید در حالی که دمای محیط ۴۰ درجه سانتی‌گراد بود. روند کاهش دما در نمودار به صورت منظم و بدون جهش و تغییر ناگهانی می باشد. دمای محیط هم تغییرات تقریبا جزئی دارد و تقریبا یکنواخت هست.

www.SID.ir

استفاده از گرمکن الکتریکی و مخزن با PCM

در آزمایش بعدی درب مخزن باز شد بطری‌های حاوی PCM درون مخزن قرار داده شد سپس مخزن با آب پر شد به طوری که درون مخزن آب و PCM قرار داشت. هیچ گونه تغییری از نظر عایق بندی و مکان قرارگیری مخزن ایجاد نشد. حتی مکان قرارگیری سنسور دمای دیتالاگر تغییر داده نشد. گرمکن الکتریکی روشن شد تا دمای مخزن به ۷۰ درجه سانتی‌گراد برسد. باتوجه به این که گرمکن الکتریکی دارای ترموستات بود دما را در ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگه می‌داشت. برای اطمینان به اینکه PCM درون بطری‌ها ذوب شده‌اند به مدت ۳ ساعت دمای مخزن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شد و سپس گرمکن الکتریکی خاموش شد تا فرآیند خنک شدن به تدریج انجام شود.



شکل ۶- تغییرات دمایی مخزن با PCM

با بررسی شکل ۶ متوجه می‌شویم که فرآیند کاهش دمای مخزن در نزدیکی نقطه ذوب پارافین واکس که ۶۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد دچار تغییراتی شده و دمای مخزن ماندگاری بیشتری در این نقطه دارد که این به خاطر آزاد سازی گرمای نهان ذوب ناشی از تغییر فاز مایع به جامد پارافین واکس است. مشاهده می‌شود که

www.SID.ir

دمای مخزن پس از ۷۰ ساعت به ۵۰ درجه سانتی‌گراد می رسد که در این حالت دمای محیط ۳۹ درجه می باشد.

نتیجه گیری

اختلاف دمای مخزن با PCM و محیط پس از ۷۰ ساعت به ۱۱ درجه سانتی گراد و در حالتی که مخزن بدون PCM به ۵ درجه سانتی‌گراد رسید. این اختلاف ناشی از آزاد سازی گرمای نهان ذوب ناشی از تغییر فاز مایع به جامد در پارافین واکس است. هر چه فرآیند تغییر فاز زمان بیشتری طول بکشد اختلاف دمایی در حالت با PCM و بدون PCM بیشتر شده و آب در دمای بالاتری قرار می گیرد و عملکرد آبگرمکن هم بهتر می شود. همچنین عایق بندی مخزن هم در این اختلاف دما موثر است. اگر میزان کمتری از انرژی آزاد شده در مخزن دفع شود اختلاف دمایی دو حالت بیشتر می شود.

مراجع

[1]. Farid, M. M., Khudhair, A. M., Razack, S. A. K., Al-Hallaj, S., 2004, A review on phase change energy storage: materials and applications. Energy Convers Manage. 45: 1597–615.

[2]. Zalba, B., Marin, J. M., Cabeza, L. F., Mehling, H., 2003, Review on thermal energy storage with phase change: Materials, heat transfer analysis and applications. Appl Therm Eng. 23: 251–83.

[3]. Tay, N. H. S., Belusko, M., Bruno, F., 2012, An effectiveness-NTU technique for characterising tube-in-tank phase change thermal energy storage systems. Appl Energy. 91: 309–19.

[4]. Mehling, H., Cabeza, L. F., Hippeli, S., Hiebler, S., 2003, PCM-module to improve hot water heat stores with stratification. Renewable Energy. 28: 699–711.

[5]. Saitoh, T., Hirose, K., 1986, High-performance phase-change thermal energy storage using spherical capsules. USA, ASME, 1984.

Archive of SID

www.SID.ir