

AVANTAJELE UTILIZĂRII MATERIALELOR CU SCHIMB DE FAZĂ PENTRU STOCAREA FRIGULUI

Cristian GRIGORAȘENCO, Corina CHELMENCIUC

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: În această lucrare sunt prezentate proprietățile termo – fizice principale ale materialelor cu schimb de fază și expuse avantajele utilizării acestora pentru stocarea energiei în diverse aplicații. Sunt prezentate tipurile existente de materiale cu indicarea avantajelor și dezavantajelor acestora. O atenție deosebită este acordată tehnologiei de stocare a frigului prin utilizarea materialelor cu schimb de fază. La fel sunt prezentate principalele avantaje pentru utilizarea acestor materiale ca soluție pentru stocarea frigului cu prezentarea unui exemplu concret.

Cuvinte cheie: Material cu schimb de fază (MSF), căldură latentă, stocare de energie, schimb de fază, eficiență energetică.

1. Generalități

În prezent, energia regenerabilă și eficiența energetică reprezintă subiecte intens promovate în lumea întreagă și incluse în toate politicile energetice. Ambele aspecte necesită o abordare cât mai profundă pentru a avea rezultate considerabile în atenuare schimbării climei pe fond global și în special pentru țările fără sau cu un potențial energetic redus și pentru a atinge un grad de independență energetică cât mai mare.

Disponibilitatea unor tipuri de energie regenerabilă este discontinuă, de exemplu energia eoliana. Deseori disponibilitatea și cererea nu au loc în același timp. Deseori, se produce mai multă energie decât este nevoie și invers. Stocarea energiei este o abordare care ar putea depăși această problemă. Astfel, energia va fi produsă atunci când sunt condiții favorabile, iar surplusul poate fi stocat și folosit îndată ce cererea va depăși producerea acesteia.

În ultimele decenii au fost introduse și studiate o nouă gamă de materiale pentru stocarea căldurii: așa numitele “materiale cu schimb de fază” (în continuare MSF), care reprezintă o soluție ideală pentru managementul energetic. Aceasta se datorează proprietăților unice de a stoca și elibera energia termică în cadrul procesului de schimb de fază (topire/solidificare). Când un astfel de material se solidifică, acesta eliberează cantități mari de energie sub formă de căldură latentă de solidificare (cristalizare) și respectiv invers când un asemenea material este topit, o echivalentă cantitate de energie este absorbită din mediu pentru trecerea din starea solidă în stare lichidă.

2. Caracteristicile Materialelor cu Schimb de fază

Principala diferență între materiale cu schimb de fază și mediile convenționale de stocare a energiei, precum apa sau rocile, este că temperatura de topire a acestora este în raza unei anumite temperaturi de lucru. Apa de asemenea reprezintă un MSF și primul folosit cu așa scop, spre exemplu răcirea băuturilor cu gheață.

O cantitate anumită căldură, numită latentă, este absorbită sau eliberată când materialul se topește sau se solidifică. Aceasta oferă materialului o capacitate mai mare de stocare a energiei, în cazul în care temperatura de topire este situată într-un diapazon relevant de temperatură unui anumit scop. Topirea și solidificare se produce teoretic la aceeași temperatură (Fig.1).

Căldura stocată (fără schimb de fază) poate fi calculată cu relația:

$$Q = \int_{T_i}^{T_f} mc_p dT, \quad (1)$$

iar căldura stocată de un material într-un proces cu schimb de fază de la temperatura T_i mai joasă decât temperatura de topire T_m pînă la o temperatură T_f mai mare ca temperatura de topire T_m :

$$Q = \int_{T_i}^{T_m} mc_p dT + m\Delta h_m + \int_{T_m}^{T_f} mc_p dT, \quad (2)$$

unde $m\Delta h_m$ este căldura latentă. Acest termen adițional mărește considerabil energia stocată la încălzire de la T_i la T_f . În dependență de mediu și de diapazonul de temperatură, în procesul de stocare a căldurii prin cea latentă

se poate de stocat de 5 – 14 ori mai multă căldură pe unitate de volum decât în procesul de stocare a căldurii specifice.

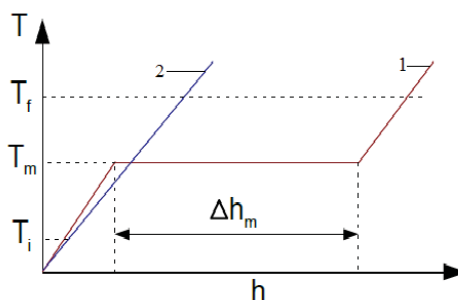


Fig. 1. Diagrama T – h1
1 – proces cu schimb de fază; 2 - fără schimb de fază. [1]

Există mai multe tipuri de schimbare de fază:

- tipul *solid – solid* decurge cu cea mai mică valoare a căldurii latente, dar și cea mai mică modificare de volum la trecere dintr – o fază în alta. Căldura latentă la schimbul de fază solid – lichid este comparativ mai mare, iar modificarea volumului este de aproximativ 10 % ;

- tipurile *solid – gaz* și *lichid – gaz* au cea mai mare căldura latentă, însă modificarea de volum este considerabilă;

- ca un compromis sunt utilizate materialele cu schimb de fază *solid - lichid*. Căldura lor latentă este destulă pentru a spori densitatea stocării energiei, iar modificările de volum moderate sunt relativ ușor de controlat, [1].

3. Clasificarea Materialelor cu schimb de fază

Materialele cu schimb de fază sunt grupate în următoarele categorii: pe bază de apă, hidrați de sare, parafine și organice. În continuare este prezentată o descriere sumară pentru fiecare categorie, [2]. Parametrii de funcționare a diverselor MSF sunt ilustrate în figura 2.

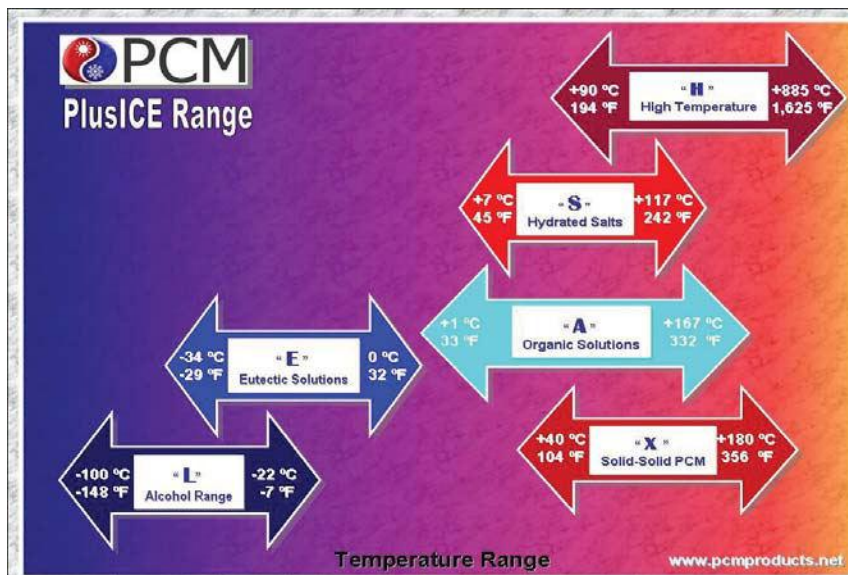


Fig. 2. Materiale MSF și gama de temperaturi de funcționare [3]

MSF Pe bază de apă sunt extrem de populare pentru faptul că păstrează materialele reci la temperaturi situate în jur de 0°C. Avantajele utilizării acestor MSF sunt esențiale: au o eficiență satisfăcătoare, nu sunt toxice, sunt non – inflamabile și sunt materiale ecologice.

Hidrații de sare sunt formați din săruri anorganice și apă. Temperatura lor de topire este cuprinsă între 15°C și 80°C. Avantajele utilizării hidraților de sare în calitate de MSF constituie: cost redus al materiei prime, capacitate înalta de stocare a căldurii latente, temperatură exactă de topire, conductibilitate termică înaltă și non – inflamabilitate.

Parafinele, de origine petrolieră, sunt, de consistența, ceroase la temperatura camerei. Punctul lor de topire este între -8°C și 40°C . Au o capacitate bună de stocare a căldurii și îngheață fără suprarăcire. De asemenea posedă o stabilitate sporită de-a lungul ciclurilor de schimb de fază.

MSF organice reprezintă compuși organici derivați din grăsimi animale și vegetale. Temperatura lor de topire variază între -40°C și 151°C . Cele mai des folosite MSF de acest tip reprezintă derivați ai acizilor grași și au o eficiență mai mare decât hidrații de sare și cei pe bază de petrol [3].

4. Prezentarea MSF ca diversitate de realizare

Containerele MSF (fig. 3): sunt confecționate din HD P (polietilena de înaltă densitate) și pot fi umplute cu orice produs din gama celor prezentate în Figura 1. Când sunt montate, intervalul între ele este minim, astfel se obține o suprafață mare de transfer de căldură.

Containerele MSF tubulare (fig. 4): la fel sunt confecționate din HD PE. Forma cilindrică permite folosirea acestora în acumuloarele de căldură cilindrice și paralelipedice, ceea ce permite curgerea ușoară a apei. Este posibilă și suspendarea lor de tavan.

Pachete MSF (Fig. 5): sunt de cele mai diverse după forma de prezentare. Temperatura de lucru pentru acest tip de MSF se află într - un domeniu foarte larg, de la -100°C până la 89°C și au o gamă foarte largă de aplicări. Pot fi executate și la comanda, personalizate după cerințele clientului.

Pungile MSF (Fig. 6): sunt confecționate din 2 straturi de peliculă sudate liniar. Inițial se formează benzi de 50 mm lățime pentru a forma foi



Fig.3. Containere MSF



Fig. 4. Containere MSF tubulare



Fig. 5. Pachete MSF



Fig. 6. Pungi MSF

lungi flexibile.

5. Tehnologiei de stocare a frigului prin utilizarea MSF

Stocarea frigului reprezintă procesul de depozitare a frigului pentru folosirea anterioară a acestuia. Acest lucru micșorează decalajul între consumul și disponibilitatea energiei. Utilizând MSF, într-un depozit frigorific (Fig. 7), este posibil crearea unei încăperi cu stocare de energie, unde excesul de răcire pe timp de gol de sarcină și temperatura mediului ambiant pot fi folosite pentru a modifica sarcina în perioada de vîrf.

Operatorul sistemului reglează funcționarea echipamentului frigorific astfel, ca acesta pe timp de noapte, când temperaturile mediului sunt mai joase, să încarce containerele cu MSF.

Apoi pe timp de zi, când sarcina atinge valori mari, energia stocată pe timp de noapte să fie eliberată fără a utiliza instalația de producere a frigului. Acest sistem de stocare a energiei reprezintă un sistem static, fără componente mobile și oferă funcționalitate înaltă în caz de dereglări fiind ca un sistem de rezervă.



Fig. 7. Depozit frigorific cu stocarea energiei cu utilizarea MSF. [5]

Prin simpla utilizare a instalației frigorifice pe timp de noapte când temperatura mediului ambiant este mai joasă, este posibil reducerea consumului de energie electrică de la 15– 25 % doar datorită faptului că echipamentul frigorific are o eficiență mult mai mare, ceea ce se poate observa din graficul prezentat în figura 8.

Reducerea consumului de energie pe timp de sarcină de virf în concordanță cu utilizarea pe timp de noapte a energiei electrice care este tarifată la preț redus poate micșora costurile anuale de exploatare de la 30 – 50 % în dependență de regiune.

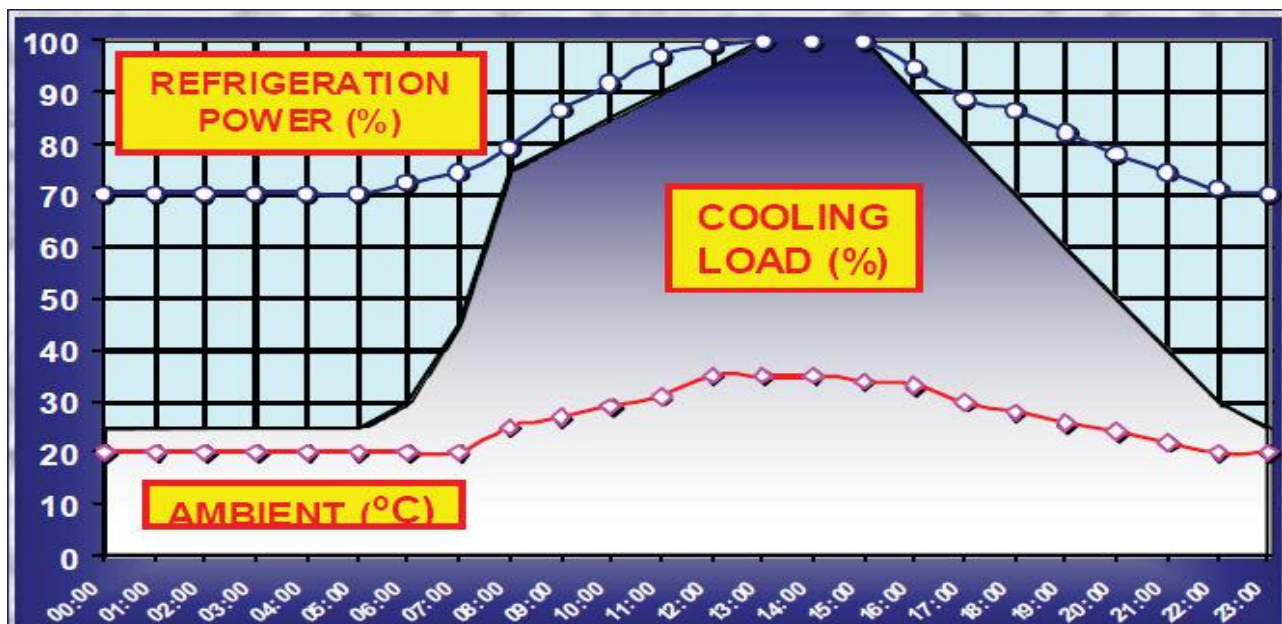


Fig. 8. Graficul utilizării puterii instalației frigorifice în dependență de temperatura mediului ambiant. [5]

Beneficiile utilizării acestui sistem de stocare a frigului vor fi: costuri reduse de exploatare, reducerea dimensiunilor de gabarit a instalației frigorifice, reducerea emisiei de CO₂, reducerea costurilor de mentenanță, sistemul poate fi folosit ca rezervă de energie în caz de defecțiuni.

Concluzii:

Materialele cu schimb de fază au două proprietăți foarte importante: au o capacitate foarte mare de stocare a energiei și pot elibera cantități considerabile de energie la temperaturi relativ constante. Aceasta face ca folosirea MSF să fie foarte diversă și în multe cazuri pot fi o alternativă pentru sistemele de stocare de energie convenționale sau pot fi folosite în concordanță cu acestea pentru a spori eficiența. Chiar dacă au fost atinse rezultate mari în acest domeniu, MSF au un potențial foarte mare de studiu și cercetare pentru îmbunătățirea calităților acestora. În special, este necesar de diversificat diapazonul temperaturilor de lucru pentru a lărgi gama

lor de folosire. Nevoia de conservare a energiei și eficientizarea proceselor este din ce în ce mai mare, iar MSF pot oferi soluții durabile și avantajoase în acest scop și pot servi ca o salvare pentru viitorul energetic mondial.

Bibliografie:

1. Thomas Hasenöhrl. *An Introduction to Phase Change Materials as Heat Storage Mediums.*(2009)
2. <http://www.puretemp.com/stories/understanding-pcms>
3. <http://www.pcmproducts.net/files/PCM%20Products%20General.pdf>
4. Belen Zalba, Jose Marin, Luisa F. Cabeza, Harald Mehling. *Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications.*
5. <http://www.pcmproducts.net/files/Cold%20Store%20TES-2013-Low.pdf>