

Parafina LTP 53/35 jako potencjalny materiał magazynujący ciepło (PCM)

LTP 53/35 paraffin as a potential phase change material

DARIUSZ KSIONEK

DOI 10.36119/15.2021.11.2

W artykule przedstawiono analizę możliwości wykorzystania parafiny LTP 53/35 produkowanej przez firmę Polwax pod kątem jej wykorzystania jako materiału magazynującego ciepło tzw. PCM. Badania wykonano przy użyciu różnicowej kalorymetrii skaningowej DSC, która jest powszechnie wykorzystywana w badaniach materiałów PCM. Potencjał do magazynowania ciepła parafiny określono na podstawie porównania jej z wodą, która jest powszechnie używana w magazynach zarówno ciepła jak i chłodu.

Słowa kluczowe: magazynowanie ciepła, magazyn ciepła, ciepło utajone, PCM, różnicowa kalorymetria skaningowa DSC, krystalizacja, topnienie

The article contains an analysis of potential to heat storage of paraffin LTP 53/35 Polwax production. For this study one of the thermal analysis methods was used – Differential Scanning Calorimetry (DSC) which is frequently used to study phase change materials. The potential to heat accumulation of the investigated paraffin has been determined in comparison to heat storage potential of water, which is widely used in heat and cold storage.

Keywords: heat accumulation, heat storage, latent heat, PCM, differential scanning calorimetry DSC, crystallisation, melting

Wstęp

Obecnie jednym z najważniejszych problemów występujących w technice jest opracowanie wysokosprawnej technologii magazynowania ciepła lub energii w różnej postaci. Pomimo trwających intensywnie prac nad tym zagadnieniem brak jest przełomowych odkryć. Powszechnie stosowane są jedynie magazyny ciepła akumulujące tzw. ciepło jawne. Ilość ciepła jaką można zmagazynować w tego typu rozwiązaniach opisuje zależność (1)

$$Q = \int_{t_i}^{t_f} m \cdot c_p \cdot dt \quad (1)$$

gdzie:

Q – ilość zmagazynowanego ciepła, [J],

m – masa substancji magazynującej ciepło, [kg],

$c_p \int_{t_i}^{t_f}$ – średnie ciepło właściwe substancji od t_i do t_f , [J/kg·K],

t_i – temperatura początkowa substancji, [°C],

t_f – temperatura końcowa substancji, [°C].

Zgodnie z zależnością (1) o ilości zmagazynowanego ciepła decyduje wartość ciepła właściwego substancji magazynującej oraz przedział temperatury

w jakim pracuje magazyn (różnica temperatury $t_f - t_i$).

Tego typu magazyny ciepła stosowane są powszechnie w technice. Przykładem są wszelkiego rodzaju zasobniki ciepłej wody, bufony ciepła współpracujące np. z pompami ciepła, czy kolektorami słonecznymi. Najczęściej stosowana jest w nich woda ze względu na powszechną dostępność i wysoką wartość ciepła właściwego.

Inną technologią magazynowania ciepła są magazyny wykorzystujące ciepło utajone substancji zmieniającej stan skupienia. Ilość ciepła jaką potencjalnie można zmagazynować w tego typu akumulatorach określa zależność (2):

$$Q = \int_{t_i}^{t_m} m \cdot c_p \cdot dt + m \cdot h_m + \int_{t_m}^{t_f} m \cdot c_p \cdot dt \quad (2)$$

gdzie:

Q – ilość zmagazynowanego ciepła, [J],

m – masa substancji magazynującej ciepło, [kg],

$c_p \int_{t_i}^{t_m}$ – średnie ciepło właściwe substancji w przedziale temp. od t_i do t_m , [J/kg·K],

$c_p \int_{t_m}^{t_f}$ – średnie ciepło właściwe substancji w przedziale temp. od t_m do t_f , [J/kg·K],

t_i – temperatura początkowa substancji, [°C],

t_m – temperatura przemiany fazowej, [°C],

t_f – temperatura końcowa substancji, [°C].

h_m – ciepło przemiany fazowej, ciepło utajone, [kJ/kg].

Substancja magazynująca ciepło tego typu nazywana jest skrótem PCM (ang. phase change material). Termin PCM oznacza substancje charakteryzujące się wysokimi wartościami ciepła przemianowych. Przemianom tym towarzyszą efekty: endotermiczny podczas topnienia oraz egzotermiczny podczas krzepnięcia, co umożliwia wykorzystanie tych materiałów w konstrukcji różnego rodzaju magazynów ciepła, bądź chłodu. Podana definicja jest bardzo szeroka i obejmuje swoim zakresem substancje o zróżnicowanej budowie chemicznej.

Materiały potencjalnie służące do budowy akumulatorów ciepła powinny charakteryzować się szeregiem różnego rodzaju właściwości. Jak podano w literaturze [1] przeanalizować należy kryteria termodynamiczne, kinetyczne, chemiczne i względy ekonomiczne stosowania danego materiału. Idealny materiał wykorzystywany w magazynie ciepła, niezależnie od

temperatury pracy magazynu ciepła i rodzaju wykorzystanej substancji, powinien spełniać poniższe wymagania:

- charakteryzować się dużą wartością współczynnika przewodzenia ciepła (wartość powinna być duża w obydwu stanach skupienia),
- charakteryzować się możliwością zmagazynowania dużej gęstości energii na jednostkę masy lub objętości,
- charakteryzować się niezmiennością właściwości podczas powtarzalnych cykli ładowania, rozładowywania układu (stabilnością pracy w czasie),
- powinien być niekorozyjny, niepalny i nietoksyczny,
- powinien posiadać odpowiednią do konkretnego zastosowania wartość temperatury topnienia,
- powinien być stabilny pod względem składu chemicznego i struktury tak, aby podczas pracy magazynu nie następowała segregacja fazy i rozkład chemiczny. Kryterium to jest szczególnie istotne w podwyższonej temperaturze, w której materiał występuje w stanie ciekłym ze względu na możliwość dyfuzji atomów, a także zachodzenia nieprzewidzianych reakcji chemicznych,
- powinien być relatywnie tani (dokładniej tania powinna być technologia magazynowania ciepła w odniesieniu do pozyskiwania ciepła z innych powszechnych obecnie źródeł ciepła).

PCM oprócz zastosowania w magazynach ciepła mogą być używane w innych aplikacjach. Mogą być integrowane z różnymi elementami konstrukcyjnymi budynków jako elementy przezroczyste bądź nieprzezroczyste, takie jak: panele ścienne [2], ściany [3], dachy, elementy podłogowe bądź podsufitowe [4]. Znajdują również zastosowanie w konstrukcji świetlików i przeszklonych dachach [5] oraz w wielu innych elementach budynku.

Potencjał zastosowania materiałów PCM w budownictwie jak, można zauważyć z przytoczonych publikacji, jest bardzo duży. Niezbędne jest poszukiwanie nowych materiałów PCM, jednak proces ich badania jest kosztowny i długotrwały. W artykule opisano badania wstępne potencjalnego materiału PCM, parafiny LTP53/35.

Opis badań

Charakterystyka wykorzystanego materiału

W badaniach wykorzystano parafinę LTP 53/35 produkcji Polwax S.A. Parafiny LTP wg karty charakterystyki substancji [6] stosuje się głównie do wyrobu wysokiej jakości galanterii świecarki, w prze-

myśle papierniczym, tekstylnym, lakierniczym, do wyrobu produktów impregnacyjnych, ochronnych w przemyśle chemicznym. Substancja ta nie stanowi zagrożenia wg [7]. Podstawowe właściwości fizyczne i chemiczne [6], [8]:

- w temperaturze otoczenia ciało stałe o barwie białej,
- brak zapachu,
- odczyn pH obojętny,
- temperatura wrzenia min. 300°C,
- temperatura zapłonu 180°C (metoda tygla otwartego),
- temperatura rozkładu 350°C,
- temperatura krzepnięcia 52,0-54,0°C,
- gęstość około 0,850 g/cm³ (w 15°C),
- zawartość oleju max. 1,1% (m/m).

Przygotowanie próbki parafiny do badań

Próbkę badanej parafiny przygotowano poprzez zważenie na wadze analitycznej 3,3 mg parafiny i umieszczenie jej w naczyniu pomiarowym wykonanym z aluminium. Wieko naczynia zaprasowano prasą mechaniczną w celu uzyskania hermetycznego zamknięcia. Jako próbkę odniesienia zastosowano identyczne, lecz puste naczynie (próbka referencyjna).

Opis wykorzystanego urządzenia i procedury badawczej

Różnicowa kalorymetria skaningowa DSC została przeprowadzona przy użyciu kalorymetru DSC Q1000 (kalorymetr typu przepływowego) firmy TA Instruments. W urządzeniu tym pomiar temperatury realizuje się pod badanymi próbkami. Kalorymetr wyposażony był w zintegrowany system chłodzący.

Pozostałe główne parametry urządzenia wykorzystanego w badaniach to:

- zakres temperatury pracy (temperature range): – 90°C do 550°C,
- dokładność pomiaru temperatury (temperature accuracy): $\pm 0.1^\circ\text{C}$,
- powtarzalność pomiaru temperatury (temperature precision): $\pm 0.05^\circ\text{C}$,

- powtarzalność kalorymetru (calorimetric precision): $\pm 1\%$,
- maksymalna czułość kalorymetru (maximum calorimetric sensitivity): 0.2 μW

Przed przystąpieniem do badań parafiny wykonano procedurę wzorcowania urządzenia. Do kalibracji wartości ciepła przemiany oraz temperatury przemiany wykorzystano standardowo certyfikowany ind. W procesie kalibracji pojemności cieplnej kalorymetru wykorzystano dysk z syntetycznego szafiru. Kalibrację wyżej wymienionych parametrów przeprowadzono dla stosowanych w badaniu parafiny prędkości ogrzewania i chłodzenia próbek w kalorymetrze.

Próbki poddane były następującym procesom (program temperaturowy):

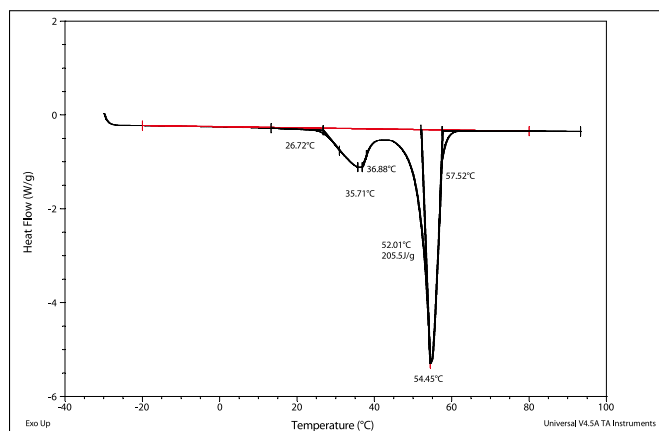
- schładzanie badanej próbki do – 30°C,
 - utrzymywanie przez 5 minut temperatury próbki na poziomie – 30°C,
 - ogrzewanie próbki do temperatury 95°C z szybkością 10 K/min,
 - wygrzewanie przez 5 minut w temperaturze 95°C,
 - chłodzenie do temperatury – 30°C z szybkością 10 K/min,
 - utrzymywanie przez 5 minut temperatury próbki na poziomie – 30°C,
- Program temperaturowy powtórzono cztery razy.

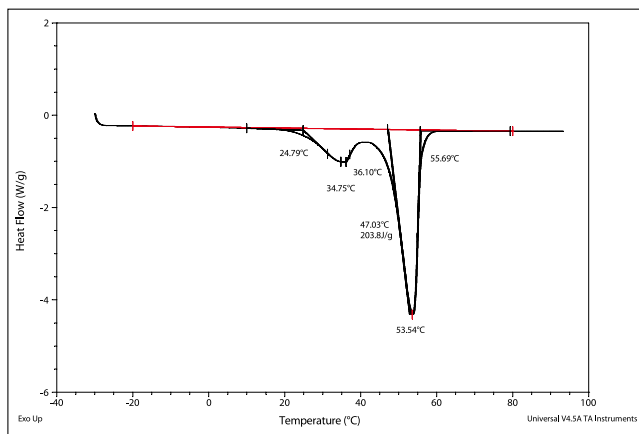
Wyniki badań

Wyniki badania różnicowym kalorymetrem skaningowym DSC przedstawiono na standardowych dla tej metody badawczej wykresach zależności: gęstości strumienia ciepła (odniesionej do jednostki masy) w funkcji temperatury próbki. Wykresy wygenerowano w dedykowanej przez producenta aplikacji TA Universal Analysis.

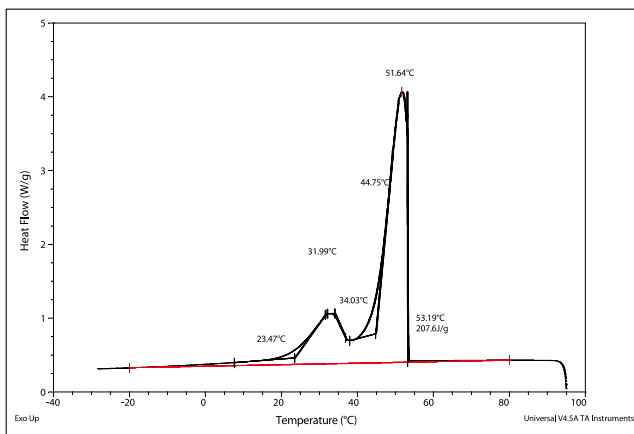
Na rysunkach od nr 1 do 4 zaprezentowano kolejne przebiegi ogrzewania próbki (proces topnienia parafiny), natomiast na rysunkach od nr 5 do 8 przebiegi chłodzenia próbki (proces krystalizacji parafiny). Dla ostatniego cyklu na rysunku nr 9

Rysunek 1. Krzywa DSC dla procesu topnienia w cyklu nr 1
Figure 1. DSC curve melting process cycle no 1

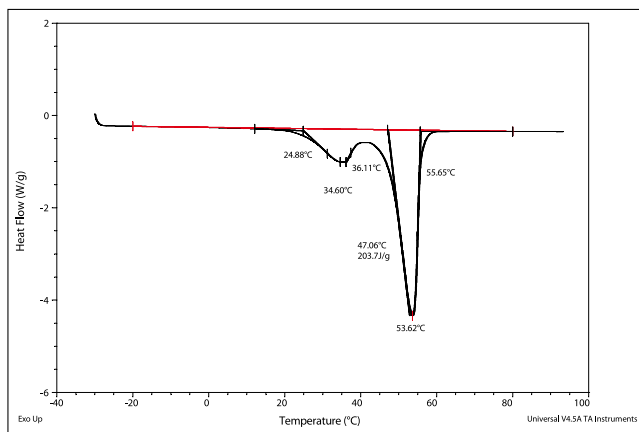




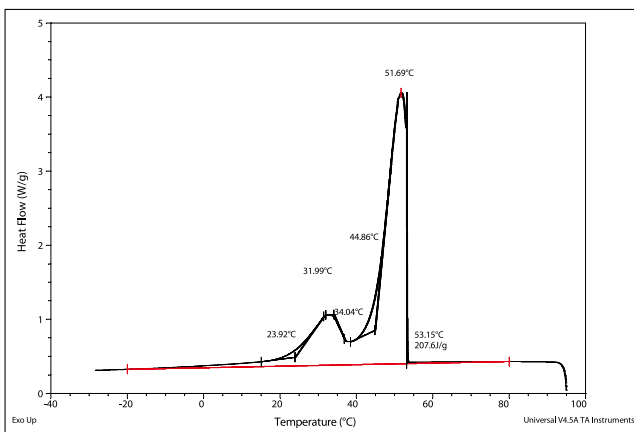
Rysunek 2.
Krzywa DSC dla procesu topnienia w cyklu nr 2
Figure 2. DSC curve melting process cycle no 2



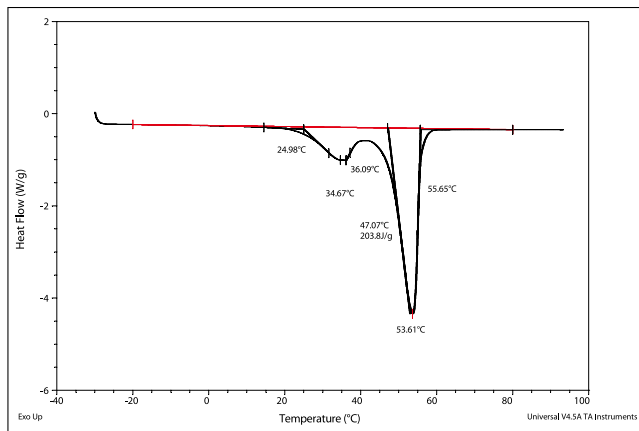
Rysunek 5.
Krzywa DSC dla procesu krystalizacji w cyklu nr 1
Figure 5. DSC curve crystallization process cycle no 1



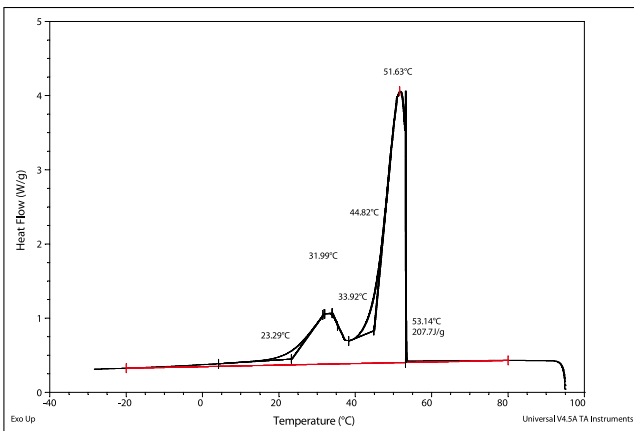
Rysunek 3.
Krzywa DSC dla procesu topnienia w cyklu nr 3
Figure 3. DSC curve melting process cycle no 3



Rysunek 6.
Krzywa DSC dla procesu krystalizacji w cyklu nr 2
Figure 6. DSC curve crystallization process cycle no 2



Rysunek 4.
Krzywa DSC dla procesu topnienia w cyklu nr 4.
Figure 4. DSC curve melting process cycle no 4.



Rysunek 7.
Krzywa DSC dla procesu krystalizacji w cyklu nr 3
Figure 7. DSC curve crystallization process cycle no 3

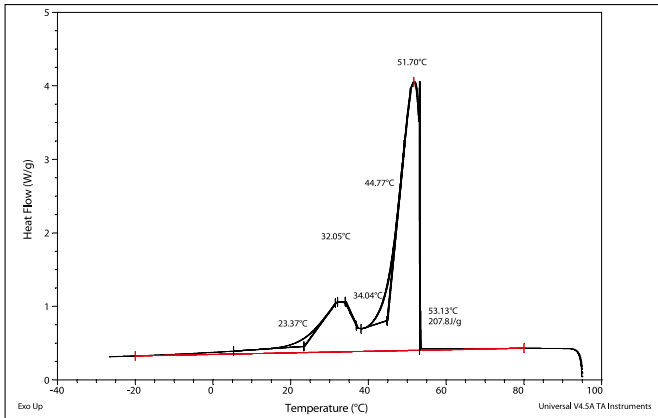
przedstawiono proces topnienia i krystalizacji w cyklu 4.

Na wykresach temperatura maksymalna w pikie oznacza temperaturę przemiany fazowej: podczas ogrzewania – temperaturę topnienia t_m' , natomiast podczas chłodzenia temperaturę krystalizacji t_c . Styczna do początkowego ramienia pików podczas procesu ogrzewania wyznacza tak zwaną temperaturę onset – t_{onset} , inter-

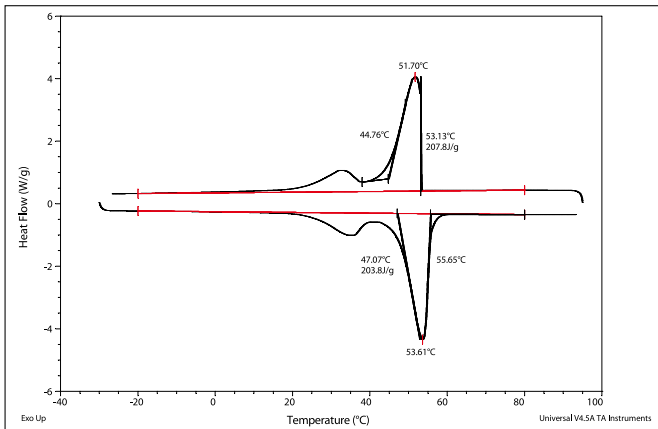
pretowaną jako temperatura początku przemiany fazowej (dla substancji krystalicznych o wysokiej czystości różnica między temperaturą t_{onset} a temperaturą topnienia jest minimalna). Natomiast styczna do końcowego ramienia pików wyznacza temperaturę t_{endset} interpretowaną jako temperatura końca przemiany fazowej (w procesie ogrzewania wykres w czasie rzeczywistym powstaje od lewej strony,

natomiast podczas chłodzenia proces krystalizacji zaczyna się na wykresie od prawej strony i przebiega w stronę lewą).

W tabeli nr 1 zestawiono parametry procesu topnienia natomiast w tabeli nr 2 parametry procesu krzepnięcia odczytane z wykresów uzyskane w badaniu DSC (wartości średnie nie uwzględniają pierwszego cyklu zarówno dla grzania jak i chłodzenia).



Rysunek 8.
Krzywa DSC dla procesu krystalizacji w cyklu nr 4
Figure 8. DSC curve crystallization process cycle no 4



Rysunek 9.
Krzywe DSC dla procesu topnienia i krystalizacji w cyklu nr 4
Figure 9. DSC curves melting and crystallization process cycle no 4

Tab. 1. Zmierzone wartości dla procesu topnienia
Tab. 1. Measured values – melting proces

nr cyklu	$t_{\text{onset}}^{\text{I}}$	$t_{\text{pic}}^{\text{I}}$	$t_{\text{endset}}^{\text{I}}$	$t_{\text{onset}}^{\text{II}}$	$t_{\text{pic}}^{\text{II}}$	$t_{\text{endset}}^{\text{II}}$	H_m
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
1	26,72	35,71	36,88	52,01	54,45	57,52	205,5
2	24,79	34,75	36,10	47,03	53,54	55,69	203,8
3	24,88	34,60	36,11	47,06	53,62	55,65	203,7
4	24,98	34,67	36,09	47,07	53,61	55,65	203,8
średnie	24,9	34,7	36,1	47,1	53,6	55,7	203,8

Tab. 2. Zmierzone wartości dla procesu krystalizacji
Tab. 2. Measured values – crystallization process

nr cyklu	$t_{\text{onset}}^{\text{I}}$	$t_{\text{pic}}^{\text{I}}$	$t_{\text{endset}}^{\text{I}}$	$t_{\text{onset}}^{\text{II}}$	$t_{\text{pic}}^{\text{II}}$	$t_{\text{endset}}^{\text{II}}$	H_c
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
1	53,19	51,64	44,75	34,03	31,99	23,47	207,6
2	53,15	51,69	44,86	34,04	31,99	23,92	207,6
3	53,14	51,63	44,82	33,92	31,99	23,29	207,7
4	53,13	51,70	44,77	34,04	32,05	23,37	207,8
średnie	53,1	51,7	44,8	34,0	32,0	23,5	207,7

Analiza otrzymanych wyników

Podczas badania materiałów fazowo zmiennych metodą DSC można zaobserwować, iż pierwszy cykl ogrzewania i pierwszy cykl chłodzenia próbki różni się (czasem znacząco) od pozostałych pomiarów. Tłumaczy się to faktem rozpylania podgrzanego materiału po dnie naczynia i lepszym jego przyleganiem w kolejnych cyklach (materiał badany po pierwszym ogrzaniu jest równomiernie rozłożony na dnie naczynia). Materiały fazowo zmiennne powinny mieć stałe właściwości termo-

dynamiczne niezależnie od cyklicznej pracy, z tego względu w wartościach średnich z pomiarów pominięto wyniki pierwszego cyklu grzania i chłodzenia.

Analizując wykresy podczas ogrzewania i chłodzenia próbki można zauważyć dwa piki. Jeden z nich jest dużo niższy niż drugi. Wysoki pik to zarejestrowana przemiana fazowa, podczas ogrzewania – topnienie, natomiast podczas chłodzenia – krystalizacja. Jeżeli chodzi o pik niższy odpowiada on za przemiany cieplne zachodzące w ciele stałym (tak zwane przemiany ciało stałe – ciało stałe). Podob-

ne mechanizmy dotyczące przemiany ciała stałe – ciało stałe występują w woskach i zostały opisane w publikacji [9].

Na podstawie wyników zestawionych w tabeli 1 można zauważyć, że podczas ogrzewania próbki przemiana ciało stałe – ciało stałe zachodzi w przedziale temperatury od 24,9°C do 36,1°C, natomiast temperatura w pikie przyjmuje wartość 34,7°C. Topnienie zachodzi w przedziale temperatury od 47,1 do 55,7°C, temperatura w pikie wynosi 53,6°C. Entalpia przemiany wyniosła 203,8 kJ/kg. Należy zauważyć, że wartość entalpii jest w przypadku tej parafiny sumą efektów cieplnych zachodzących w próbce: ciepła przemiany ciało stałe – ciało stałe, oraz topnienia parafiny. Z tego względu zakres, do którego odnosi się ta wartość to przedział temperatury od 24,9°C do 55,7°C, a nie od 47,1°C do 55,7°C. Jak to wpływa na potencjał badanej parafiny do magazynowania ciepła zostanie omówione w dalszej części artykułu.

Podczas chłodzenia próbki, krzepnięcie rozpoczęło się w temperaturze 53,1°C i zakończyło przy temperaturze 44,8°C (wg danych producenta temperatura krzepnięcia powinna się zawierać w przedziale od 52°C do 54°C). Temperatura w pikie wynosiła 51,7°C. Przemiana ciało stałe – ciało stałe rozpoczęła się w temperaturze 34,0°C i zakończyła w temperaturze 23,5°C. Temperatura tej przemiany osiągnęła wartość 32,0°C. Entalpia przemiany wyniosła 207,7 kJ/kg i podobnie jak topnienie jest ona sumą wszystkich efektów cieplnych (egzotermicznych) zachodzących w próbce.

Analizując wykres nr 9 i dane tabelaryczne wyraźnie można zaobserwować, że krystalizacja zaczyna się w niższej temperaturze 53,1°C niż kończy proces topnienia 55,7°C co jest związane z występowaniem zjawiska przeschłodzenia.

Potencjał parafiny LTP 53/35 do magazynowania ciepła

Jak wspomniano we wstępie do artykułu powszechnie stosowaną substancją w magazynach ciepła jest woda. Z tego względu zasadne jest odnoszenie potencjału magazynowania ciepła badanej parafiny właśnie do wody.

Badania DSC wykazały pewne różnice w przebiegu procesu topnienia i krzepnięcia. W akumulatorze ciepła bardziej istotny jest przebieg procesu krzepnięcia i parametry tego procesu. Wynika to z tego, że krzepnięcie jest procesem egzotermicznym i wydzielone w nim ciepło jest później potencjalnie wykorzystywane. Proces topnienia również ma znaczenie,

ale nie decyduje on o potencjale do magazynowania ciepła. Z tego względu obliczenia zostaną wykonane dla parametrów procesu krzepnięcia.

Wzór (3a i 3b) opisuje potencjał do magazynowania ciepła wody, natomiast wzór (4) potencjał do magazynowania ciepła parafiny. Obliczenia zostaną wykonane dla 1kg masy materiału magazynującego ciepło.

$$Q_{H_2O} = m_{H_2O} \cdot c_w \cdot (t_{onset}^I - t_{endset}^I) \quad (3a)$$

$$Q_{H_2O} = m_{H_2O} \cdot c_w \cdot (t_{onset}^I - t_{endset}^{II}) \quad (3b)$$

$$Q_{LTP} = m_{LTP} \cdot h_c \quad (4)$$

gdzie:

Q_{H_2O} – ilość zmagazynowanego ciepła w wodzie, [kJ],

Q_{LTP} – ilość zmagazynowanego ciepła w parafinie, [kJ],

m_{H_2O} – masa wody (1kg), [kg],

m_{LTP} – masa parafiny (1kg), [kg],

c_w – ciepło właściwe wody dla średniej temperatury pracy magazynu, [kJ/kg·K],

h_c – entalpia podczas krzepnięcia, [kJ/kg].

Obliczenia dla danych z wykresów DSC nieprawidłowo interpretowanych:

$$\begin{aligned} \frac{Q_{LTP}}{Q_{H_2O}} &= \frac{m_{LTP} \cdot h_c}{m_{H_2O} \cdot c_w \cdot (t_{onset}^I - t_{endset}^I)} = \\ &= \frac{h_c}{c_w \cdot (t_{onset}^I - t_{endset}^I)} = \\ &= \frac{207,7}{4,176 \cdot (53,1 - 44,8)} = 5,992 \end{aligned}$$

– Obliczenia dla danych z wykresów DSC prawidłowo interpretowanych:

$$\begin{aligned} \frac{Q_{LTP}}{Q_{H_2O}} &= \frac{m_{LTP} \cdot h_c}{m_{H_2O} \cdot c_w \cdot (t_{onset}^I - t_{endset}^{II})} = \\ &= \frac{h_c}{c_w \cdot (t_{onset}^I - t_{endset}^{II})} = \\ &= \frac{207,7}{4,175 \cdot (53,1 - 23,5)} = 1,681 \end{aligned}$$

Na podstawie otrzymanych wyników obliczeń można zauważyć jak bardzo istotna jest prawidłowa interpretacja danych. Przyjęcie entalpii procesu ciepła przemiany powoduje znaczne zawyżenie potencjału do magazynowania ciepła dla parafiny (około 6 razy większy potencjał). Obliczenia oparte o prawidłowe założenia nadal wskazują na istotny potencjał parafiny około 1,7 razy, ale już nie tak znaczący. Jeszcze dokładniejsze obliczenia potencjału do magazynowania ciepła można wykonać w oparciu o funkcję pojemności cieplnej w zależności od temperatury, którą również można uzyskać na podstawie wyników badań metodą DSC. Metodę takich obliczeń przedstawiono w pracy [10].

Wnioski

Podstawowym wnioskiem z przeprowadzonych badań jest fakt wykazania potencjału parafiny LTP53/35 do magazynowania ciepła. Badany materiał można więc rozważać jako potencjalny PCM.

W artykule wykazano również jak istotne jest prawidłowe interpretowanie danych pomiarowych uzyskanych metodą DSC. Nieprawidłowa interpretacja prowadzi do ponad 3,5 krotnego zawyżenia potencjału parafiny do magazynowania ciepła w porównaniu do rzeczywistego.

Powtarzalne wyniki badań DSC oraz dostępna literatura pozwalają przypuszczać, że badana parafina nie będzie zmieniać swoich właściwości termodynamicznych w czasie.

Przytoczone badania należy rozpatrywać jako badania wstępne, ponieważ materiał PCM musi spełnić wiele wymagań opisanych we wstępie do artykułu, których badanie nie było przedmiotem niniejszego artykułu.

LITERATURA

[1] Domański R., Magazynowanie energii cieplnej, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1990

[2] Zhang Y.; Lin K.; Jiang Y.; Zhou G., Thermal storage and nonlinear heat-transfer characteristics of PCM wallboard, Energy Build., 2008, vol. 40, no. 9, pp. 1771–1779, doi: 10.1016/j.enbuild.2008.03.005.

[3] Gao Y. et al., Thermal behavior analysis of hollow bricks filled with phase-change material (PCM), J. Build. Eng., 2020, vol. 31, no. December 2019, doi: 10.1016/j.job.2020.101447

[4] Zhou D.; Zhao C. Y.; Tian Y., Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications, Appl. Energy, 2012, vol. 92, pp. 593–605, doi: 10.1016/j.apenergy.2011.08.025

[5] Elarga H.; Fantucci S.; Serra V.; Zecchin R.; Benini E., Experimental and numerical analyses on thermal performance of different typologies of PCMs integrated in the roof space, Energy Build., 2017, vol. 150, pp. 546–557, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.06.038

[6] Polwax S.A., Karta Charakterystyki Substancji/Mieszaniny – Parafiny standard LTP, Czerwiec 2018

[7] ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (WE) NR 1272/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin, zmieniające i uchylające dyrektywy 67/548/EWG i 1999/45/WE oraz zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1907/2006, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej

[8] Polwax S.A., Karta Charakterystyki Substancji/Mieszaniny – Parafiny standard LTP, Czerwiec 2018

[9] Karbon B., Woski naturalne, surowy wosk montanowy i jego przerób, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006

[10] Ksionek D., Wykorzystanie zjawiska przemiany fazowej wosku pszczelego do magazynowania energii w systemach ogrzewczych niskotemperaturowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2015



Kwartalnik „Budownictwo i Prawo” ukazuje się piętnasty rok i ma już usiałoną grupę odbiorców wśród: firm budowlanych, wydziałów budownictwa urzędów miejskich i starostw, biur projektowych, firm kosztorysowych i innych. Obecnie nakład czasopisma wynosi ok. 2000 egz. (w zależności od uczestnictwa w targach lub sympozjach i konferencjach, podczas których prowadzone są akcje promocyjne).

Współpracujemy z z ministerstwami odpowiedzialnymi za zagadnienia: budownictwa, infrastruktury, ochrony środowiska, energetyki, Głównym Urzędem Nadzoru Budowlanego, Urzędem Zamówień Publicznych, Instytutem Techniki Budowlanej, uczelniami oraz licznymi stowarzyszeniami z sektora budownictwa.

Autorzy z tytułu publikacji w „Budownictwo i Prawo” otrzymują 5 pkt w klasyfikacji MNISW. Czasopismo jest wydawane przez Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie” oraz Oficynę Wydawniczą POLCEN i rozpowszechniane na terenie całego kraju w prenumeracie oraz w sieci sprzedaży ww. wydawców.

Zamówienia na prenumeratę w 2021 roku w wysokości 80 zł przyjmuje:

Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”

02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel./fax: 22/843-77-71

redakcja@informacjainstal.com.pl, wydawnictwo@informacjainstal.com.pl