

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 246197 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **442482**

(22) Data zgłoszenia: **2022.10.10**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.01.03 BUP 01/2024**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.12.16 WUP 51/2024**

(51) MKP:

F28D 20/02 (2006.01)

F28F 13/12 (2006.01)

F28F 19/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT MASZYN PRZEPŁYWOWYCH
IM. ROBERTA SZEWAŁSKIEGO POLSKIEJ
AKADEMII NAUK, Gdańsk, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**PIOTR LEPUTA, Warszawa, PL
ROMAN KWIDZIŃSKI, Sianowo, PL
TOMASZ PRZYBYLIŃSKI, Gdańsk, PL
PAULINA ROKSANA ROLKA, Gdańsk, PL
MARCIN LACKOWSKI, Rumia, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Małgorzata Matyka, Gdańsk, PL

(54) Tytuł:

Zmiennofazowy magazyn ciepła/chłodu z nanocząsteczkami i mechanizmem mieszającym

PL 246197 B1

Opis wynalazku

Przedmiot patentu

Przedmiotem patentu jest magazyn ciepła/chłodu z materiałem zmiennofazowym z dodatkiem domieszki nanocząstek, który wyposażony w mechanizm mieszający. Przedstawiona konstrukcja magazynu z materiałem zmiennofazowym z nanocząstkami zawiera obrotowe mieszadło, które powoduje intensyfikację wymiany ciepła oraz zapobiega sedymentacji nanocząstek na dnie magazynu.

Stan techniki

Materiał zmiennofazowy (PCM) charakteryzuje się tym, że pozwalają na intensywne absorbowanie, magazynowanie i uwalnianie energii termicznej w postaci ciepła lub chłodu w określonym zakresie temperatur, w którym w materiale zachodzi przemiana fazowa (topnienie, krzepnięcie). Magazyny ciepła/chłodu, w których materiał akumulujący stanowi materiał zmiennofazowy, dzięki wykorzystaniu ciepła utajonego pozwalają na większą gęstość magazynowania energii w porównaniu do magazynów wykorzystujących ciepło jawne, np. magazynów wodnych. W praktyce oznacza to, że w porównaniu do magazynu wodnego, magazyn z PCM ma mniejszą objętość, pozwala na magazynowanie energii z mniejszymi stratami do otoczenia oraz na jej wykorzystanie w wymaganym momencie. Niestety PCM-y, w szczególności organiczne, mają niską przewodność cieplną, która powoduje duży opór cieplny i znacznie spowalnia proces wymiany ciepła. To w rezultacie powoduje zmniejszenie szybkości ładowania i rozładowania magazynu, oraz ogranicza jego zastosowanie w niektórych aplikacjach oraz instalacjach.

W celu poprawy przewodności cieplnej PCM w magazynach ciepła lub chłodu aktualnie prowadzone są prace badawcze wykorzystujące takie techniki, jak mocowanie metalowych żeber do powierzchni wymiany ciepła lub stosowanie materiałów kompozytowych typu PCM z metalową osnową.

Z opisu patentu CN104140786B znany jest kompozytowy materiał zmiennofazowy, składający się z porowatego materiału, o przewodności cieplnej w zakresie 40–400 W/m·K (np. spienionego metalu lub ekspandowanego grafitu), stosowanego jako szkielet nośny, oraz z PCM w postaci metalu o niskiej temperaturze topnienia lub metalu o niskiej temperaturze topnienia z nanocząstkami, o temperaturze topnienia niższej lub równej 80°C, rozprowadzanymi w porach materiału porowatego. W efekcie zastrzeżony w tym patencie kompozytowy PCM charakteryzuje się zwiększoną przewodnością cieplną i wysoką gęstością magazynowania ciepła.

Natomiast we wzorze użytkowym CN207035921U zaprezentowano magazyn energii, składający się z magazynu z wieloma szczelnymi pojemnikami umieszczonymi w zamkniętym, izolowanym pojemniku. Każdy pojemnik zawiera wielowarstwową płytę z porowatego grafitu i sieć rur w kształcie serpentyny do wymiany ciepła z materiałem wypełniającym pojemnik. Pory porowatej płyty grafitowej w pojemniku są wypełnione nieorganicznym PCM. Nośnik ciepła krąży w serpentynowej sieci rur, które poprzez kolektory prowadzą do przyłączy na zewnętrznej ścianie hermetycznego pojemnika. Magazyn jest izolowany cieplnie warstwą pianki poliuretanowej lub warstwą z wełny mineralnej.

Jednakże wspomniane powyżej rozwiązania wprowadzają ograniczenia takie, jak zwiększenie masy i objętości układu magazynowego oraz zmniejszenie ilości PCM w magazynach.

Innym rozwiązaniem skupiającym się również na zwiększeniu przewodności cieplnej PCM jest ulepszanie materiałów przez dodawanie do nich nanocząstek węglowych, metali lub tlenków metali. Na przykład patent US2009236079A1 przedstawia materiał zmiennofazowy ulepszony przez rozproszenie w nim nanocząstek. Opisany w patencie US2009236079A1 ulepszony PCM tworzy bazowy PCM, którym może być woda, cykloheksan, dodekan lub żel olejowy, oraz nanocząstki miedzi, glinu, tlenku glinu, tlenku miedzi lub tlenku tytanu. Ulepszony PCM wykazuje zwiększoną przewodność cieplną w porównaniu z materiałem bazowym.

Z kolei w patencie CN104180521A przedstawiona jest koncepcja podgrzewacza wody z pompą ciepła i magazynem energii z materiałem zmiennofazowym z nanocząstkami. Podgrzewacz wody z pompą ciepła zawiera zbiornik – magazyn z materiałem zmiennofazowym z nanocząstkami, w którym jest umieszczona wężownica przez którą przepływa medium robocze oraz wężownica przez którą przepływa woda. Magazyn ciepła jest wypełniony PCM z nanocząstkami, którego temperatura przemiany fazowej wynosi 50–60°C i który zawiera następujące składniki w częściach wagowych: 0,5 do 2,0 części nanocząstek (nanorurki węglowe), 0,9 do 3,6 części dyspersatora (etoksylan oktylofenolu TX-10), 94,4 do 98,6 części PCM (parafina).

Niestety ulepszanie PCM przez domieszki nanocząstek powoduje, że po pewnym czasie mogą one sedimentować na dnie magazynu. Zjawisko to jest niekorzystne, gdyż prowadzi do powstania rozwarstwienia materiału zmienno fazowego ulepszanego nanocząsteczkami i do zmiany jego właściwości termofizycznych.

W celu zapobiegania sedimentacji nanocząstek w PCM, można zastosować enkapsulację. Z opisu patentowego US9493695B2 znana jest metoda makrokapsulowania nieorganicznych PCM takich, jak NaNO_3 , NaCl , KNO_3 , mających niską przewodność cieplną i które można użyć w magazynach ciepła w systemach elektrowni słonecznych (CPS). Aby zwiększyć przewodność cieplną i ułatwić magazynowanie, przeprowadza się makrokapsulowanie tych PCM w granulach powlekanych poliimidem. Przy czym wewnątrz powłoki poliimidowej znajduje się środek zwiększający chropowatość powierzchni, np. nikiel, węgiel krzemu, węgiel. Po utwardzeniu powłoki poliimidowej, jej zewnętrzna powierzchnia jest pokrywana tlenkiem metalu, tlenkiem krzemu (SiO_2) lub kompozytem grafen-tlenek krzemu. Makrokapsułka ma kształt cylindryczny, kulisty lub podłużny.

Należy zauważyć, że stosowanie specjalnych makrokapsulek, w których umieszcza się materiały zmienno fazowe (w tym także ulepszone materiały zmienno fazowe z nanocząstkami) może prowadzić do zwiększenia kosztów magazynów ciepła/chłodu oraz do powstawania tzw. „martwych” stref w zasobniku z makrokapsułkami.

Istota wynalazku

Istotą wynalazku jest zastosowanie mechanizmu mieszającego w magazynie ciepła/chłodu z ulepszonym materiałem zmienno fazowym (z dodatkiem domieszki nanocząstek). Mechanizm mieszający służy do wprowadzenia ulepszanego PCM z nanocząstkami w ruch, zapobiegając w ten sposób opadaniu nanocząstek oraz ich sedimentacji na dnie zbiornika magazynu.

Zmienno fazowy magazyn energii z nanocząstkami i mechanizmem mieszania pozwala na przechowywanie ciepła lub chłodu oraz jego wykorzystanie w wymaganym czasie.

Przedmiotem wynalazku jest magazyn energii termicznej, który posiada:

- obrotowy mechanizm mieszający, wprowadzający w ruch materiał zmienno fazowy z dodatkiem domieszki nanocząstek i gromadzący ciepło/chłód podczas przemiany fazowej, który wypełnia zbiornik w kształcie cylindra o średnicy D z dnem płaskim i poziomym,
- w materiale zmienno fazowym z dodatkiem domieszki nanocząstek zanurzony jest obrotowy mechanizm mieszający o pionowej osi obrotu zaopatrzony w łopaty mieszające obracające się nad dnem zbiornika w odległości jednej dziesiątej wysokości tego zbiornika, gdzie łopaty mieszające są zamocowane w dwóch rzędach, a liczba łopat mieszających w rzędzie wynosi od 2 do 8, a zewnętrzna średnica łopat wynosi od $0,7D$ do $0,95D$, łopaty mieszające w górnym rzędzie są zamocowane pod kątem wynoszącym od 30° do 60° w stosunku do osi pionowej (α), natomiast kąt między łopatami z różnych rzędów wynosi od 10° do 30° (β),
- wewnątrz zbiornika przy jego cylindrycznej ścianie znajduje się śrubowa wężownica, przez którą przepływa nośnik ciepła.

Zaletą magazynu wykonanego według wynalazku jest to, że:

1. Dodanie nanocząstek do materiału zmienno fazowego powoduje zwiększenie przewodności cieplnej materiału wypełniającego magazyn oraz wpływa na szybkość procesów ładowania i rozładowania magazynu.
2. Specjalna konstrukcja magazynu, w której znajduje się mechanizm mieszający, zapobiega pogorszeniu procesu magazynowania ciepła lub chłodu wskutek sedimentacji nanocząstek na dnie magazynu.
3. Ruch ciekłego PCM, wywołany działaniem mechanizmu mieszającego, powoduje intensyfikację wymiany ciepła lub chłodu między PCM a cieczą-nośnikiem ciepła poprzez konwekcję wymuszoną na powierzchni wymiany ciepła.

Objaśnienie rysunków

Budowa wewnętrzna magazynu według wynalazku jest przedstawiona na rysunkach, gdzie Fig. 1 pokazuje przekrój pionowy magazynu, a Fig. 2 – widok łopatek mechanizmu mieszającego.

Wynalazek ilustruje następujący przykład wykonania, nie stanowiący jego ograniczenia.

Przykład

Przedmiotowy wynalazek – specjalna konstrukcja magazynu ciepła/chłodu z ulepszonym materiałem zmienno fazowym i mechanizmem mieszającym, będąca przedmiotem wynalazku, została przed-

stawiona na Fig. 1. Konstrukcja ta zakłada, że magazyn ciepła/chłodu składa się z wewnętrznego, cylindrycznego zbiornika (5) o średnicy wewnętrznej D . Zbiornik (5) jest wypełniony ulepszonym PCM z dodatkiem nanocząstek (6), z zachowaniem pustej przestrzeni ze względu na rozszerzalność termiczną PCM. We wnętrzu zbiornika (5) umieszczono mechanizm mieszający (7). Mechanizm mieszający wewnątrz zbiornika (5) składa się z pionowej osi napędowej, do której przy dolnym końcu zamocowano łopaty mieszające w dwóch rzędach. Mechanizm mieszający (7) jest wprowadzony do wewnętrznego zbiornika (5) w taki sposób, że łopaty mieszające (9) są całkowicie zanurzone w ulepszonym materiale zmiennofazowym i znajdują się w odległości jednej dziesiątej wysokości zbiornika wewnętrznego nad dnem tego zbiornika. Liczba łopat mieszających (9) w rzędzie wynosi od 2 do 8. Zewnętrzna średnica łopat (9) wynosi od $0,7D$ do $0,95D$. Łopaty mieszające w górnym rzędzie są zamocowane pod kątem α wynoszącym od 30° do 60° w stosunku do osi napędowej. Natomiast kąt β występujący między łopatami z różnych rzędów wynosi od 10° do 30° . Mechanizm mieszający (7) w przedstawianej konstrukcji magazynu ciepła/chłodu jest używany w czasie, kiedy ulepszony materiał zmiennofazowy znajduje się w stanie ciekłym. Wówczas łopaty mieszające (9), wykonując ruch obrotowy wokół osi napędowej, wprawiają w ruch ciekły PCM z nanocząstkami i w ten sposób zapobiegają opadaniu nanocząstek i ich sedymentacji na dnie zbiornika (5). Wewnętrzny zbiornik (5) przy cylindrycznej ścianie jest opleciony węzownicą (4), przez którą przepływa nośnik ciepła. W celu ograniczenia strat ciepła do otoczenia, zbiornik wewnętrzny (5) wraz z węzownicą (4) jest umieszczony w większym zbiorniku (2). Przestrzeń między ścianą zbiornika (5), a wewnętrzną ścianą zbiornika (2) jest wypełniona materiałem izolującym termicznie (3), np. aerozelem.

Zestawienie indeksów na rysunkach

- 1 – wlot nośnika ciepła
- 2 – zbiornik zewnętrzny
- 3 – materiał izolujący termicznie (np. aerożel)
- 4 – węzownica
- 5 – zbiornik wewnętrzny
- 6 – ulepszony PCM z nanocząsteczkami
- 7 – mechanizm mieszający
- 8 – wylot nośnika ciepła
- 9 – łopaty mieszające mechanizmu mieszającego
- D – wewnętrzna średnica zbiornika wypełnionego ulepszonym PCM
- α – kąt między górnym rzędem łopat mieszających a osią napędową
- β – kąt między rzędami łopat mieszających

Zastrzeżenie patentowe

1. Magazyn energii termicznej **znamienny tym**, że posiada
 - obrotowy mechanizm mieszający (7), wprawiający w ruch materiał zmiennofazowy z dodatkiem domieszki nanocząstek (6) i gromadzący ciepło/chłód podczas przemiany fazowej, który wypełnia zbiornik (5) w kształcie cylindra o średnicy D z dnem płaskim i poziomym,
 - w materiale zmiennofazowym z dodatkiem domieszki nanocząstek (6) zanurzony jest obrotowy mechanizm mieszający (7) o pionowej osi obrotu zaopatrzony w łopaty mieszające (9) obracające się nad dnem zbiornika w odległości jednej dziesiątej wysokości tego zbiornika (5), gdzie łopaty mieszające (9) są zamocowane w dwóch rzędach, a liczba łopat mieszających (9) w rzędzie wynosi od 2 do 8, a zewnętrzna średnica łopat wynosi od $0,7D$ do $0,95D$, łopaty mieszające (9) w górnym rzędzie są zamocowane pod kątem wynoszącym od 30° do 60° w stosunku do osi pionowej (α), natomiast kąt między łopatami z różnych rzędów wynosi od 10° do 30° (β),
 - wewnątrz zbiornika (5) przy jego cylindrycznej ścianie znajduje się śrubowa węzownica (4), przez którą przepływa nośnik ciepła.

Rysunki

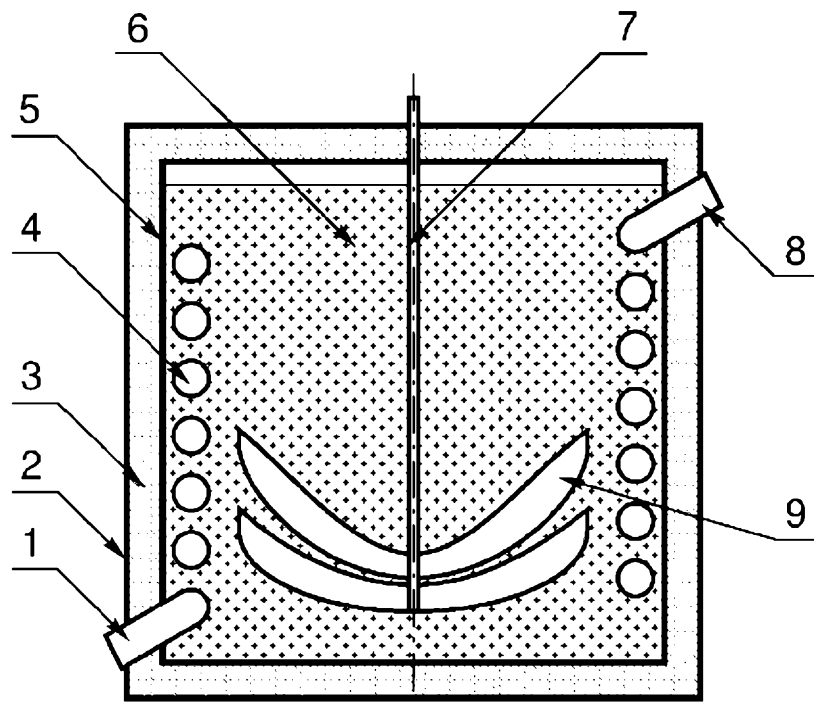


Fig. 1.

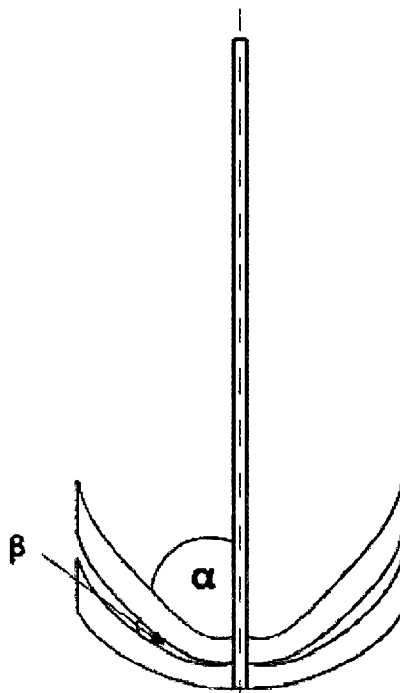


Fig. 2.