

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 245004 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **432944**

(22) Data zgłoszenia: **2020.02.19**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.08.23 BUP 21/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.04.15 WUP 16/2024**

(51) MKP:

F28F 13/12 (2006.01)

F24S 20/20 (2018.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

GRZEGORZ WICIAK, Zabrze, PL

KRZYSZTOF GRZYWNOWICZ, Częstochowa, PL

LESZEK REMIORZ, Rybnik, PL

**KATARZYNA JANUSZ-SZYMAŃSKA,
Książenice, PL**

ŁUKASZ BARTELA, Pilchowice, PL

BARTOSZ STANEK, Sosnowiec, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Katarzyna Borkowy, Gliwice, PL

(54) Tytuł:

Urządzenie do intensyfikacji procesu wymiany ciepła w absorberze promieniowania słonecznego

PL 245004 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do intensyfikacji procesu wymiany ciepła w absorberze promieniowania słonecznego, mające zastosowanie w układach ochrony środowiska i klimatu z wykorzystaniem koncentratorów promieniowania słonecznego.

Koncentratory promieniowania słonecznego służą do pozyskiwania ciepła wysokotemperaturowego, które może posłużyć do otrzymywania energii elektrycznej, ciepła użytkowego oraz do otrzymania chłodu w urządzeniach absorpcyjnych. Koncentratory to urządzenia składające się ze specjalnego zwierciadła oraz wymiennika ciepła zwanego absorberem. Zwierciadło kieruje skupione promieniowanie słoneczne na absorber. Na skutek wymiany ciepła, promieniowanie słoneczne przekazuje część energii cieplnej do absorbera, w którym przepływający czynnik roboczy ogrzewa się do temperatury około 300°C. Przez wymiennik ciepła – absorber, przepływa olej termalny – substancja ciekła odbierająca wysokotemperaturowe ciepło i przekazuje je dalej do wykorzystania.

Na rynku dostępnych jest wiele rozwiązań układów realizujących opisany proces przekazywania energii promieniowania słonecznego, które szerzej opisano w literaturze przedmiotu (*M.A.Gómez, D. Patino, R.Comesaña, J.Porteiro, M.A.Álvarez Feijoo, JL.Miguez, CFD simulation of a solar radiation absorber. International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 57, Issue 1, 15 January 2013, Pages 231-240*; jak również: *Ronald Muhumuza, Aggelos Zacharopoulos, Jayanta Deb Mondol, Mervyn Smyth, Adrian Pugsley, Jade McGee, Simulation and experimental validation of solar radiation distribution on the absorber of a line-axis asymmetric compound parabolic concentrator. Solar Energy, Volume 198, 1 March 2020, Pages 36-52*; oraz: *F. A. C. Oliveira, J. C. Fernandes, J. Galindo, J. Rodriguez, I. Canãdas, L. G. Rosa; Thermal resistance of solar volumetric absorbers made of mullite, brown alumina and ceria foams under concentrated solar radiation. Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 194, 1 June 2019, Pages 121-129*).

Z kanadyjskiego opisu patentowego CA2451424A1 oraz z francuskiego opisu patentowego FR2967249B1 znane są rozwiązania realizujące zwiększenie turbulencji przepływu w kompaktowych wymiennikach ciepła przez zastosowanie specjalnych wkładów, których zadaniem jest zaburzanie strumienia przepływu w celu utworzenia przepływu turbulentnego i tym samym zwiększenia intensywności wymiany ciepła.

Niedogodnością powyższych rozwiązań jest wytworzenie dużego oporu przepływu mediów w obiegu wymiennika oraz skomplikowana konstrukcja wymiennika – szczególnie powierzchni wymiany ciepła, ponadto brak możliwości sterowania procesem i intensyfikacją wymiany ciepła.

Celem wynalazku jest zwiększenie intensywności wymiany ciepła pomiędzy zwierciadłem, a absorberem na skutek promieniowania słonecznego, które jest związane z wprowadzeniem modyfikacji w konstrukcji absorbera, a która umożliwiła znaczącą poprawę procesu wymiany ciepła wewnątrz absorbera, to jest pomiędzy ścianką absorbera, a czynnikiem roboczym, którym jest olej termalny.

Cel ten osiągnięto poprzez turbulizację przepływu czynnika obiegowego wskutek przeciwprądowego zmieszania strumienia czynnika obiegowego ze strumieniem czynnika obiegowego wtryskiwanym przeciwprądowo – pobranym z przestrzeni wlotowej absorbera.

Efekt wykorzystania zjawiska turbulizacji polega na wywołaniu i intensyfikacji turbulencji przepływu laminarnego oleju termalnego, który przepływa przez absorber. Absorber pobierający ciepło z padającego promieniowania słonecznego przez ściankę przekazuje ciepło do oleju termalnego płynącego laminarnie, gdzie dominuje przepływ ciepła w wyniku jedynie przewodzenia w warstwie przyściennej a nie w całej objętości. Wywołanie turbulencji i intensyfikacja przepływu turbulentnego prowadzi do wzrostu udziału wymiany ciepła wskutek konwekcji w całej objętości przepływu oleju termalnego, przez co zwiększa się kilkukrotnie ilość przekazywanego ciepła ze ścianki absorbera do oleju termalnego. Stanowi to istotną zaletę w stosunku do istniejących rozwiązań technicznych opisanych w literaturze przedmiotu (*Fabrisio Gomez-Garcia, José Gonzalez-Aguilar, Sergio Tamayo-Pacheco, Gabriel Olalde, Manuel Romero; Numerical analysis of radiation propagation in a multi-layer volumetric solar absorber composed of a stack of square grids. Solar Energy, Volume 121, November 2015, Pages 94-102*, ponadto: *Zhenggang Fang, Chunhua Lu, Yi Lu, Delin Ma, Ling Wei, Peiwen Li, Yarn Ni, Shunyan Tao, Zhongzi Xu; Radiation heat transfer enhanced absorber for high temperature solar-thermal applications. Ceramics International, Volume 42, Issue 8, June 2016, Pages 10531-10536*; oraz: *M. Souliotis, Y Tripanagnostopoulos; Study of the distribution of the absorbed solar radiation on the performance of a CPC-type ICS water heater. Renewable Energy, Volume 33, Issue 5, May 2008, Pages 846-858*).

Sposób intensyfikacji procesu wymiany ciepła polega tym, że do przestrzeni roboczej absorbera włącza się za pomocą pompy pod ciśnieniem korzystnie w zakresie od 14 kPa do 100 kPa strumień dodatkowy, korzystnie w postaci oleju termalnego, pobierany z przestrzeni wlotowej absorbera przewodem rurowym – rurką za pomocą pompy, następnie poprzez dysze wtryskowe olej kierowany jest do przestrzeni roboczej absorbera przeciwnie do kierunku przepływu podstawowego strumienia oleju wewnątrz przestrzeni roboczej absorbera i wzdłuż jego osi, wskutek którego następuje turbulizacja przepływu i intensyfikacja konwekcyjnej wymiany ciepła pomiędzy ścianką absorbera, a przepływającym turbulentnie olejem termalnym.

Urządzenie do intensyfikacji procesu wymiany ciepła w absorberze promieniowania słonecznego charakteryzuje się tym, że zbudowane jest z absorbera, wewnątrz którego w przestrzeni roboczej umieszczony jest współosiowo przewód rurowy – rurka jednostronnie zamknięty, wyposażony w dysze wtryskowe skierowane przeciwnie do kierunku przepływu podstawowego czynnika pod kątem $\alpha=5^{\circ}\div 60^{\circ}$ względem osi absorbera, przy czym przewód rurowy – rurka połączony jest za pomocą pompy z przestrzenią wlotową absorbera.

Korzystnie urządzenie do intensyfikacji procesu według wynalazku ma dysze wtryskowe posiadające skośne otwory usytuowane nad przewodem rurowym – rurką, mające wypukły obrys o kształcie półelipsoidalnym, przy czym wylot ma kształt quasi-elipsoidalny, skierowany przeciwnie do kierunku przepływu strumienia dodatkowego pod kątem $\alpha=5^{\circ}\div 60^{\circ}$ względem osi absorbera.

Korzystnie urządzenie do intensyfikacji procesu według wynalazku ma dysze wtryskowe posiadające skośne otwory usytuowane wewnątrz przewodu rurowego – rurką, mające wklęsły obrys o kształcie półelipsoidalnym, poniżej obrysu zewnętrznego rurki, przy czym wylot ma kształt quasi-elipsoidalny, skierowany przeciwnie do kierunku przepływu strumienia dodatkowego pod kątem $\alpha=5^{\circ}\div 60^{\circ}$ względem osi absorbera.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest zwielokrotnienie intensywności konwekcyjnej wymiany ciepła pomiędzy olejem termalnym, a ścianką absorbera, na którą pada promieniowanie słoneczne ze zwierciadła, którego parametry jakościowe mogą być kontrolowane i dostosowywane do chwilowych parametrów pracy instalacji energetycznej poprzez regulację parametrów pracy pompy.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania przedstawiono na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia schemat urządzenia, Fig. 2 przedstawia powiększenie dysz wtryskowych wykonanych w dwóch wariantach konstrukcyjnych.

Sposób intensyfikacji procesu wymiany ciepła w absorberze promieniowania słonecznego polega na tym, że do przestrzeni roboczej (1) absorbera (4), która jest miejscem mieszania się czynnika obiegowego w postaci oleju termalnego, przeciwnie do kierunku przepływu podstawowego strumienia oleju (8) wtryskuje się strumień dodatkowy (2), który pobierany jest z przestrzeni wlotowej (3) absorbera (4) przewodem rurowym – rurką (5), umieszczoną poniżej absorbera (4), za pomocą pompy (6) zamocowanej na przewodzie rurowym – rurką (5). Przestrzeń wlotowa (3) absorbera (4), z której pobierany jest strumień dodatkowy (2), umieszczona jest pomiędzy wlotem (7) do absorbera (4), a przestrzenią roboczą (1), gdzie następuje zmieszanie się strumieni. Strumień wynikowy, stanowiący turbulentną mieszaninę podstawowego strumienia oleju (8) i strumienia dodatkowego (2) omywa ściankę absorbera (4) odbierając od niej ciepło, a następnie wyprowadzany jest z absorbera (4) przez wylot (9).

Sposób intensyfikacji procesu wymiany ciepła w absorberze promieniowania słonecznego według wynalazku polega na turbulizacji przepływu laminarnego czynnika obiegowego wewnątrz rury absorbera – wymiennika ciepła, który to sposób realizowany jest poprzez zastosowanie dodatkowego przewodu rurowego – rurki, wprowadzonej osiowo do absorbera i wyposażonej w dysze wtryskowe, do której to rurki włączany jest pod ciśnieniem olej termalny, pobierany z przestrzeni wlotowej absorbera, umieszczonej pomiędzy wlotem a miejscem mieszania się strumieni, przy czym olej włączany jest za pomocą pompy umieszczonej na rurze wprowadzonej współosiowo do absorbera, a następnie, za pośrednictwem dysz wtryskowych, olej jest wtryskiwany do przestrzeni roboczej absorbera, przeciwnie do kierunku przepływu oleju w przewodzie głównym absorbera. W wyniku wtrysku oleju, w przewodzie głównym absorbera następuje turbulizacja przepływu, wymuszając przepływ turbulentny, na skutek czego następuje intensyfikacja konwekcyjnej wymiany ciepła pomiędzy ścianką absorbera a przepływającym turbulentnie olejem termalnym. Intensywność procesu wymiany ciepła w przestrzeni roboczej absorbera oraz wydajność cieplna zależy od ciśnienia wtryskiwanego oleju termalnego z dysz do strumienia głównego oleju oraz przepływu oleju w instalacji, które to parametry regulowane są poprzez regulację chwilowych parametrów pracy pompy.

Urządzenie do intensyfikacji procesu wymiany ciepła w zbudowane jest z absorbera (4), w którego przestrzeni roboczej (1) zamocowany jest przewód rurowy – rurka (5), połączona poprzez pompę (6) z przestrzenią wlotową absorbera (3). Na przewodzie rurowym – rurka (5) umieszczone są dysze wtryskowe (10), występujące w dwóch wariantach wykonania, w wersji A lub wersji B, w zależności od materiału wykonania i średnicy przewodu rurowego – rurka (5).

Dysze wtryskowe (10) w wersji wykonania A stanowią skośne otwory umiejscowione na przewodzie rurowym – rurka (5), które to otwory wystają z przewodu rurowego – rurka (5), tworząc wypukły obrys (11) o kształcie półelipsoidalnym, wystającym ponad obrys zewnętrzny przewodu rurowego – rurka (5), przy czym wylot (12) tego otworu jest w kształcie quasi-elipsoidalnym i skierowany jest przeciwnie do kierunku przepływu oleju termalnego napływającego przez wlot (7) absorbera (4). Przy ustawieniu obrysu (11) otworu pod kątem α w zakresie od 5 stopni do 60 stopni względem osi absorbera (4).

Dysze wtryskowe (10) w wersji wykonania B stanowią skośne otwory umiejscowione na przewodzie rurowym – rurka (5), które to otwory są schowane wewnątrz przewodu rurowego – rurka (5), tworząc wklęsły obrys (13) o kształcie półelipsoidalnym, schowany poniżej obrysu zewnętrznego przewodu rurowego – rurka (5), przy czym wylot (14) tego otworu jest w kształcie quasi-elipsoidalnym i skierowany jest przeciwnie do kierunku przepływu oleju termalnego napływającego przez wlot (7) absorbera (4). Przy ustawieniu obrysu (13) otworu pod kątem α w zakresie od 5 stopni do 60 stopni względem osi absorbera (4). Strumień dodatkowy (2) oleju termalnego pobierany z przestrzeni wlotowej (3) absorbera (4) oraz podstawowy strumień oleju (8) przepływający przez przestrzeń roboczą (1) absorbera (4) są mieszane na długości przestrzeni roboczej (1) absorbera (4) i odprowadzane przez wylot (9).

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do, intensyfikacji procesu wymiany ciepła w absorberze promieniowania słonecznego **znamiennie tym**, że zbudowane jest z absorbera (4), wewnątrz którego w przestrzeni roboczej (1) umieszczony jest współosiowo przewód rurowy – rurka (5) jednostronnie zamknięty, wyposażony w dysze wtryskowe (10) skierowane przeciwnie do kierunku przepływu czynnika pod kątem $\alpha=5^{\circ}\div 60^{\circ}$ względem osi absorbera (4), przy czym, przewód rurowy – rurka (5) połączony jest za pomocą pompy (6) z przestrzenią wlotową (3) absorbera (4).
2. Urządzenie do intensyfikacji procesu według zastrz. 1 **znamiennie tym**, że dysze wtryskowe (10) posiadają skośne otwory usytuowane nad przewodem rurowymi – rurka (5), mające wypukły obrys (11) o kształcie półelipsoidalnym, przy czym wylot (12) ma kształt quasi-elipsoidalny, skierowany przeciwnie do kierunku przepływu strumienia dodatkowego (2) pod kątem $\alpha=5^{\circ}\div 60^{\circ}$ względem osi absorbera (4).
3. Urządzenie do intensyfikacji procesu według zastrz. 1 **znamiennie tym**, że dysze wtryskowe (10) posiadają skośne otwory usytuowane wewnątrz przewodu rurowego – rurka (5), mające wklęsły obrys (13) o kształcie półelipsoidalnym, poniżej obrysu zewnętrznego rurki (5), przy czym wylot (14) ma kształt quasi-elipsoidalny, skierowany przeciwnie do kierunku przepływu strumienia dodatkowego (2) pod kątem $\alpha=5^{\circ}\div 60^{\circ}$ względem osi absorbera (4).

Rysunki

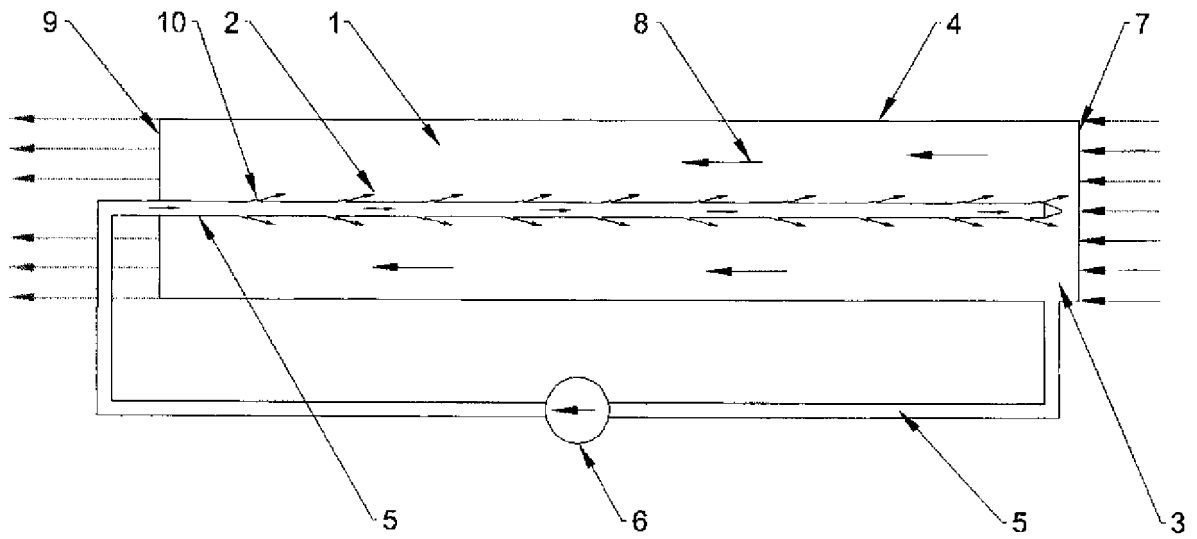


Fig. 1

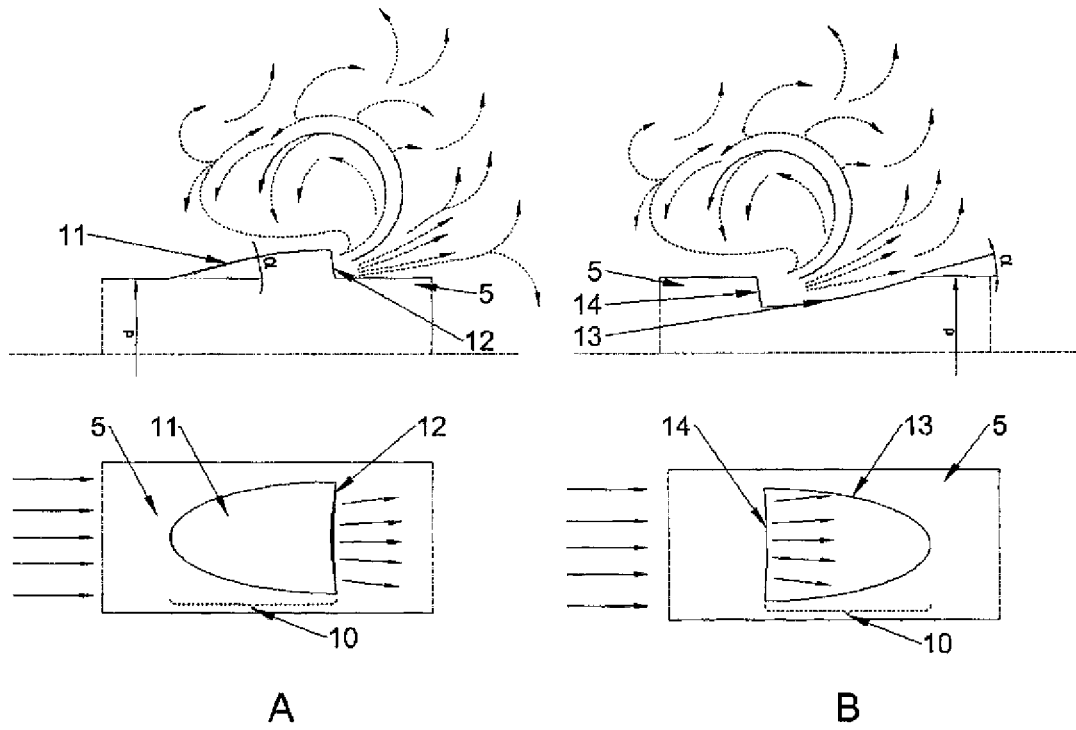


Fig. 2